



Escola Tècnica Superior d'Enginyeries
Industrial i Aeronàutica de Terrassa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Titulació

Enginyeria Industrial

Alumne

Daniel Ginard Vera

Títol PFC

**Disseny i implantació d'un sistema per a la gestió de dades amb
processos de fabricació de l'àrea de rapid prototyping al CIM**

Director del PFC

Ramon Comasòlivas

Convocatòria de lliurament del PFC

Juny, 2015

Contingut d'aquest volum:

-MEMÒRIA-

Índex

1. Introducció.....	5
1.1 Estat de l'art i origen del projecte.....	5
1.2 Objecte	5
2. Abast	7
3. Especificacions del procés.....	9
4 Procés de fabricació.....	10
4.1 La creació de màsters.....	11
4.2 La creació de motlles	13
4.3 La creació de peces	15
4.4 L'acabat de les peces.....	16
5 Gestió de la informació del procés de planta	18
5.1 Anàlisi de l'adquisició de la informació	20
5.1.1 Informació requerida de la fase de creació de màsters.....	21
5.1.2 Adquisició de la informació de la fase de creació de motlles	21
5.1.3 Adquisició de la informació de la fase de creació de peces	21
5.1.4 Adquisició de la informació de la fase de l'acabat de les peces.....	22
5.1.5 Mètode d'obtenció de dades del procés	22
6 Selecció del hardware de planta.....	24
6.1 Selecció lector RFID.....	24
6.2 Selecció PLC	24
6.3 Selecció de tags RFID.....	25
6.4 Selecció de la pantalla HMI.....	26
7 Necessitats del sistema de direcció.....	28
7.1 Introducció de les ordres de treball.....	28
7.2 Necessitat de software i hardware.....	29
7.2.1 Software de gestió de la informació	29
7.2.2 Comunicació entre planta i la xarxa de l'empresa	31
7.2.3 Emmagatzematge de la informació.....	33
7.2.4 Arquitectura de hardware, software i comunicacions	34
8 Solució adoptada	38
8.1 Problemàtica de la solució	38
8.2 Solució adoptada a la base de dades.....	38
8.3 Solució adoptada a la HMI i lector RFID.....	46

8.3.1 Operativitat a la fase de creació de màsters.....	48
8.3.2 Operativitat a la fase de creació de motlles	48
8.3.3 Operativitat a la fase de creació de peces	49
8.3.4 Operativitat a la fase d'acabat de peces	49
8.3.5 Operativitat d'altres funcions rellevants	49
8.4 Solució adoptada al PLC	50
8.5 Solució adoptada al sistema MES	55
8.5.1 Adquirir els valors de les variables que corren sobre el PLC	55
8.5.2 Adquirir els valors de producció que entrin els directius de línia i mostrar-los.	56
8.5.3 Fer la escriptura dels valors que provenen del PLC sobre la base de dades en els moments requerits.	57
8.5.4 Fer la lectura dels valors de producció enregistrats a la base de dades per mostrar-los a direcció	60
8.5.5 Fer la lectura dels valors enregistrats per mostrar-los als operaris.....	60
8.6 Integració de la solució adoptada	61
9 Planificació	64
10 Possibles ampliacions o millores	67
11 Conclusions.....	68
12 Glossari	69
13 Bibliografia.....	73
14 Agraïments	74

Figures

Figura 1. Màquina Sinteritzat	10
Figura 2. Màquina Estereolitografia.....	11
Figura 4. Arbre seqüencial d'estructuració de la fase de creació de motlles	13
Figura 5. Caixa Estructural	14
Figura 6. Motlle de silicona	15
Figura 7. Arbre seqüencial d'estructuració de la fase de creació de peces	16
Figura 8. Arbre seqüencial d'estructuració de la fase de l'acabat de les peces ..	17
Figura 9. Full de ruta del procés	18
Figura 10. Ordre de treball	19
Figura 11. Cas exemple full de ruta	19
Figura 12. Tags RFID	23
Figura 13. Motlle de silicona amb la tag RFID inserida.....	23
Figura 14. Lector RFID.....	24
Figura 15. PLC Allen-Bradley CompactLogix L16ER	25

Figura 16. Tag RFID SLI alta temperatura	26
Figura 17. HMI Panel View Compact 600	27
Figura 18. Quadricula de llistat de material	29
Figura 19. Piràmide CIM de l'automatització.....	30
Figura 20. Estructura de funcionament Server / Client OPC	32
Figura 21. Arquitectura de hardware	34
Figura 22. Arquitectura de hardware i software	35
Figura 23. Arquitectura de hardware i comunicacions	36
Figura 24. Arquitectura de softwares i comunicacions.....	37
Figura 25. Arquitectura de hardware, software i comunicacions	37
Figura 26. Esquema Entitat – Relació part I.....	39
Figura 27. Esquema Entitat - Relació part II.....	40
Figura 28. Model Relacional	42
Figura 29. Model Relacional ampliat 1	43
Figura 30. Model relacional ampliat 2.....	44
Figura 31. Propietats d'estat del Piloted List Selector.....	47
Figura 32. Vinculació de variables amb el PLC pel Piloted List Selector	47
Figura 33. Pantalla introducció tag RFID a motlle provinent de magatzem	50
Figura 34. GRAFCET I.....	51
Figura 35. GRAFCET II.....	51
Figura 36. Carpetes de variables MES.....	55
Figura 37. Carpetes de variables i variables del MES	56
Figura 38. OPC Browser amb les connexions OPC Servers definides	56
Figura 39. Interfície del MES usada pels directius. Registrar Usuaris.....	57
Figura 40. Funcionalitats pròpies del software Ignition.	58
Figura 41. Event Script Gateway. Selecció del tipus d'script.....	58
Figura 42. Scripting Operacions F30 part I.....	59
Figura 43. Scripting Operacions F30 part II.....	59
Figura 44. Interfície MES que mostra l'estat de la producció de la fase 40 per a la comanda C1 i la referència R3	60
Figura 45. Gantt inicial disseny part 1	64
Figura 46. Gantt inicial disseny part 2	65
Figura 47. Gantt inicial implantació.....	65
Figura 48. Gantt real part 1	65
Figura 49. Gantt real part 2	66

Taules

Taula 1. Comparativa entre OPC Servers.....	33
---	----

1. Introducció

1.1 Estat de l'art i origen del projecte

Cap a finals de segle XX la indústria va automatitzar les línies de producció a fi de poder millorar la productivitat i no quedar-se enrere respecte als seus competidors. A principis de segle XXI la indústria ha anat més enllà volent controlar fins a l'últim detall tant en la producció com en totes les altres àrees de l'empresa, sempre aprofitant sistemes digitals per aconseguir aquesta informació a temps real. Així doncs, la gestió i l'accés a la informació, tant per tenir el control de tots els paràmetres que engloben una empresa com per fer una millora continua d'aquesta, s'ha convertit en una fita que moltes empreses cerquen. Exemples d'aquests fets són la obsessiva compulsió de l'indústria d'incorporar sistemes SCADA, MES o ERP com podria ser SAP o Microsoft Dynamics, o bé, la necessitat d'aplicar mesures com el Lean Manufacturing.

Fruit d'aquesta circumstància, la implantació de sistemes automàtics capaços de poder adquirir i gestionar les dades de la producció s'ha convertit en un punt que pot diferenciar entre fer caure una empresa o fer-la créixer per sobre de les altres. Per tant, és aquest afany el que motiva a la Fundació CIM a crear un sistema en el que es pugui recopilar la informació de forma digital i en el que les dades siguin emmagatzemades amb el menor error humà possible. A més, aprofitant que aquestes dades es digitalitzen, aquesta motivació agafa un segon rol, que no menys prescindible, com el de poder millorar la productivitat i la producció per part dels directius i dels operaris del procés de producció de peces a partir de motlles de silicona mitjançant la interacció de les dades recopilades.

1.2 Objecte

L'objecte d'aquest projecte és desenvolupar un sistema tecnològic que sigui capaç de modificar l'actual sistema d'adquisició de dades del procés de producció de peces a partir de motlles de silicona que fins al moment s'ha fet de forma manuscrita i/o oral.

Aquest projecte també perseguirà l'objectiu de generar coneixement pels diversos postgraus del Màster en Producció Automàtica i Robòtica (PAIR) que es fa a la Fundació CIM.

Es pretén, doncs, que el nou sistema emmagatzemi i gestioni les dades digitalment i a temps real. Un cop tractades, el sistema haurà de servir al director d'operacions de la línia de producció aquelles dades que siguin necessàries per a poder operar amb comoditat. A més, el sistema també haurà de poder coordinar el seguiment de la producció i servir les dades requerides als operaris per tal que aquests sàpiguen en tot moment quines són les consignes de producció.

La idea central, doncs, és implantar un sistema tecnològic capaç d'obtenir la informació que es produeix durant la fabricació per tal de millorar la productivitat, gestionar la informació de forma automàtica sense la necessitat d'ús de paper, evitant així possibles pèrdues de documentació i duplicitats. També, millorar el tractament de les dades per fer una producció més eficient, tenir el control sobre la traçabilitat de les peces i del procés en conjunt, tenir mesures de control sobre els errors més habituals del procés, tenir paràmetres empírics de KPIs del de procés, adaptar la producció a la necessitat del client i reduir el temps de producció de peces.

2. Abast

En el present projecte es pretén dissenyar un sistema que permeti als directius que gestionen la línia de producció, de peces a partir de motlles de silicona, introduir les ordres de fabricació en el mateix sistema. Aquestes ordres han d'arribar de forma directa als operaris per a que puguin iniciar la seva fabricació, els quals hauran d'anar indicant de forma manual o automàtica el que es fa per tal de tenir un control sobre la producció i millorar la planificació.

El sistema haurà de contenir un gestor d'ordres de fabricació, capaç d'emmagatzemar i gestionar la informació generada, per a mostrar tant a directius com a operaris, dades útils de producció, tant d'històrics com les de temps real, de forma fàcil i eficient. Les ordres de fabricació que es generin en aquest hauran d'estar connectades amb la línia de producció per tal de poder mostrar que s'ha de produir i, a la inversa, la línia de producció haurà d'estar contactada amb producció per tal de mostrar les dades de producció. Ambdues hauran de tenir un sistema d'emmagatzematge.

Per tal d'aconseguir-ho, aquest projecte abastarà els següents àmbits:

- **Estudi del procés de fabricació de peces a partir de motlles de silicona:**

Per tal de conèixer i fragmentar el procés de producció caldrà un estudi minuciós en el que es determini què es fa a cada una de les etapes de producció per a que posteriorment es pugui definir quines dades seran necessàries per a cada etapa.

- **Estudi de les necessitats dels operaris i dels directius:**

Basant-se en les dades a recopilar i en les tecnologies usades, es determinarà quines necessitats tenen els operaris i els directius per tal de que el sistema no sigui massa lent, i faci que uns i altres l'acceptin. També, es valorarà quina mena de interfícies de comunicació tindrà el sistema amb cadascun d'aquests i com es podrà fer per a que sigui simple i útil per a ambdós.

- **Selecció de la tecnologia òptima per a poder recopilar les dades (Hardware):**

Un cop determinades les dades a recollir per a cada etapa s'haurà de determinar la manera física d'adquirir-les. Això contemplarà les diverses possibilitats plantejades tant a nivell de hardware o recursos físics com de software i d'allotjament d'aquests (Hosting). A més, contemplarà quin tipus de comunicacions es faran entre els diversos aparells o softwares.

- **Metodologia d'escriptura per part dels operaris:**

Es farà una guia metodològica de com fer l'enregistrament de les dades per a cada etapa del procés.

- **Creació del conjunts d'aplicacions que permetin la completa integració de la solució (Software i comunicacions):**

La creació dels diversos softwares i/o eines de treball que seran capaços d'entrellaçar la informació, operar en les diverses etapes de la producció i interactuar amb els diversos operaris i directius. Determinació de quin software s'encarrega de fer cadascuna de les funcionalitats del sistema.

3. Especificacions del procés

El procés de producció de peces a partir de motlles de silicona es considera que s'inicia en el moment de creació de la peça mare (Màster), a partir de la qual es podrà crear el motlle i posteriorment les peces. Es concep la finalització de la producció en el moment en que les peces estan llestes per ser entregades al client.

El nombre de comandes i referències que es podran tenir a la vegada està limitat a deu, ja que normalment és un nombre bastant més inferior.

El nombre de màsters que pot contenir un motlle està limitat a quatre.

Els operaris tenen coneixement del procés de producció, no es pretén limitar la producció a aquests per evitar els possibles errors de selecció. Per tant, el sistema ha de permetre a aquests operar amb la màxima llibertat possible.

4 Procés de fabricació

Un dels processos del ràpid prototyping és la fabricació de peces a partir de motlles de silicona. La fabricació de les peces es basa en la utilització d'un motlle de silicona que conté a dins el negatiu de la forma de la peça final que es vol produir. I mitjançant colades del material final de la peça es reproduïx fins arribar al nombre desitjat.

Per tant, el procés de producció engloba la fabricació de la peça base a partir de la qual es generarà el motlle, la fabricació del motlle, la utilització del motlle per a la replica de peces i l'acabat final de les peces per a poder entregar-li als clients.

La utilització de motlles de silicona per a la creació de peces és una solució bastant habitual a la indústria ja que el cost de producció per a tirades curtes és molt més barat, per a unes prestacions bastant similars, que altres mètodes com podria ser la estereolitografia, el sinteritzat o els motlles d'alumini. Tot i així s'utilitzen les dues primeres tecnologies esmentades per produir prototipatges ràpids (veure *Figura 1. Màquina Sinteritzat* i *Figura 2. Màquina Estereolitografia*).



Figura 1. Màquina Sinteritzat

Així doncs, el procés de fabricació de peces a partir de motlles de silicona està dividit en quatre grans fases seqüencials: la creació de màsters, la creació de motlles, la creació de peces a partir de motlles i l'acabat de les peces.

A la vegada les fases estan composades en etapes. Val a dir que per a fer la fabricació sempre s'haurà de realitzar totes les fases però no sempre s'haurà de realitzar totes les etapes. Per tant, com és un procés de fabricació flexible que depèn de la tipologia de peça que demana el client, es procedirà a explicar cada una de les fases amb les seves etapes, i alhora, a mencionar les possibles variants de fabricació que es poden produir.



Figura 2. Màquina Estereolitografia

Cal tenir present que les explicacions que es donaran a continuació només contemplen el cas més simple que és quan un motlle només conté una tipologia de peces, però cal recordar que tal i com s'ha esmentat a l'apartat d'especificacions (punt 0), un motlle pot arribar a tenir fins a quatre tipus de referències diferents.

4.1 La creació de màsters

En aquesta fase es creen les peces mestres (Màsters) a partir d'una màquina d'estereolitografia o de sinteritzat. Els màsters són idèntics a les peces que s'han d'entregar al client però, a diferència d'aquestes, la seva finalitat és fer de model per poder crear el motlle de silicona posteriorment.

Com es pot observar a la *Figura 3. Arbre seqüencial d'estructuració de la fase de creació de màsters*, la posada a punt dels màsters per a poder iniciar la següent fase requereix la realització de certes etapes. Aquestes s'hauran de dur a terme depenent, en cada cas, de la tipologia de la peça. A més, s'observa que els màsters no sempre s'han de crear ja que el client pot portar els seus màsters, o bé, pot haver-hi la possibilitat de que es conservi el màster d'una comanda que va fer el client prèviament.

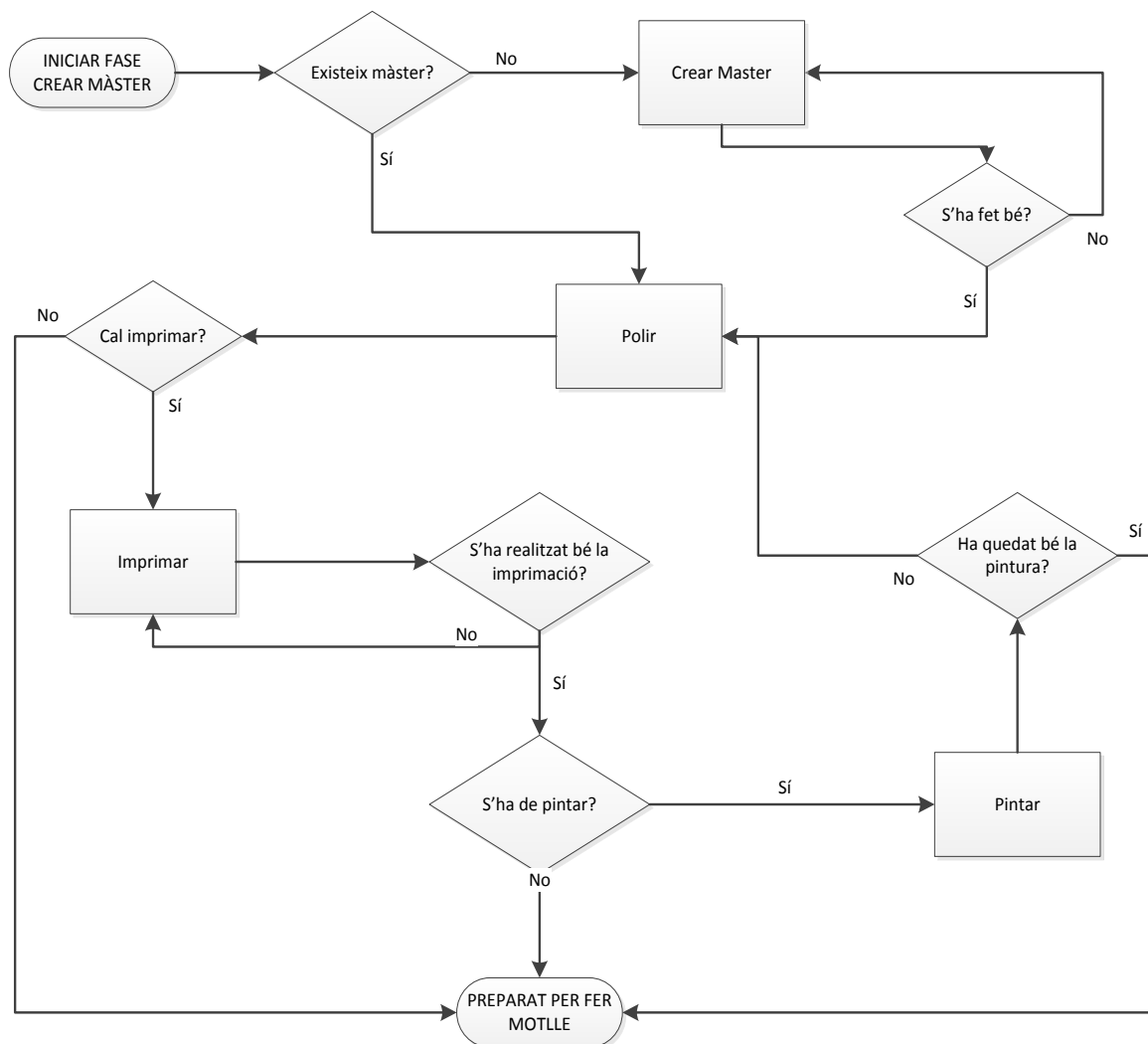


Figura 3. Arbre seqüencial d'estructuració de la fase de creació de màsters

A la *Figura 3. Arbre seqüencial d'estructuració de la fase de creació de màsters*, les caixes quadrades representen les etapes, els rombes representen els condicionants per passar a les següents etapes. A continuació s'explica de forma detallada la interpretació de la *Figura 3. Arbre seqüencial d'estructuració de la fase de creació de màsters* per al cas en que l'operari hagi de realitzar més etapes:

En primer lloc s'haurà de crear el màster, que és el procés de creació de la peça mestre a partir de la màquina d'estereolitografia o de sinteritzat. L'operari haurà de comprovar si s'ha creat correctament. En cas afirmatiu, s'haurà de polir, és a dir treure les impureses que pugui ja siguin de pintura o tant sols de brutícia. A continuació s'haurà d'imprimir, que consisteix en la aplicació d'una capa a la peça protectora que millora el procés de pintura posterior, tot i que no sempre implica que després es pinti. Finalment aplicar una capa de pintura i esperar a que s'eixuguin les peces. Si la pintura ha quedat bé, ja està la peça llesta per a la següent fase, en cas negatiu, s'ha de polir, tornar a imprimir i pintar.

4.2 La creació de motlles

En aquesta fase es fan tots els preparatius per a poder crear el motlle de silicona, és a dir, des de la creació de l'estructura que contindrà el màster, i en la que s'abocarà la silicona líquida, fins al moment en que el motlle està llest per a ser usat.

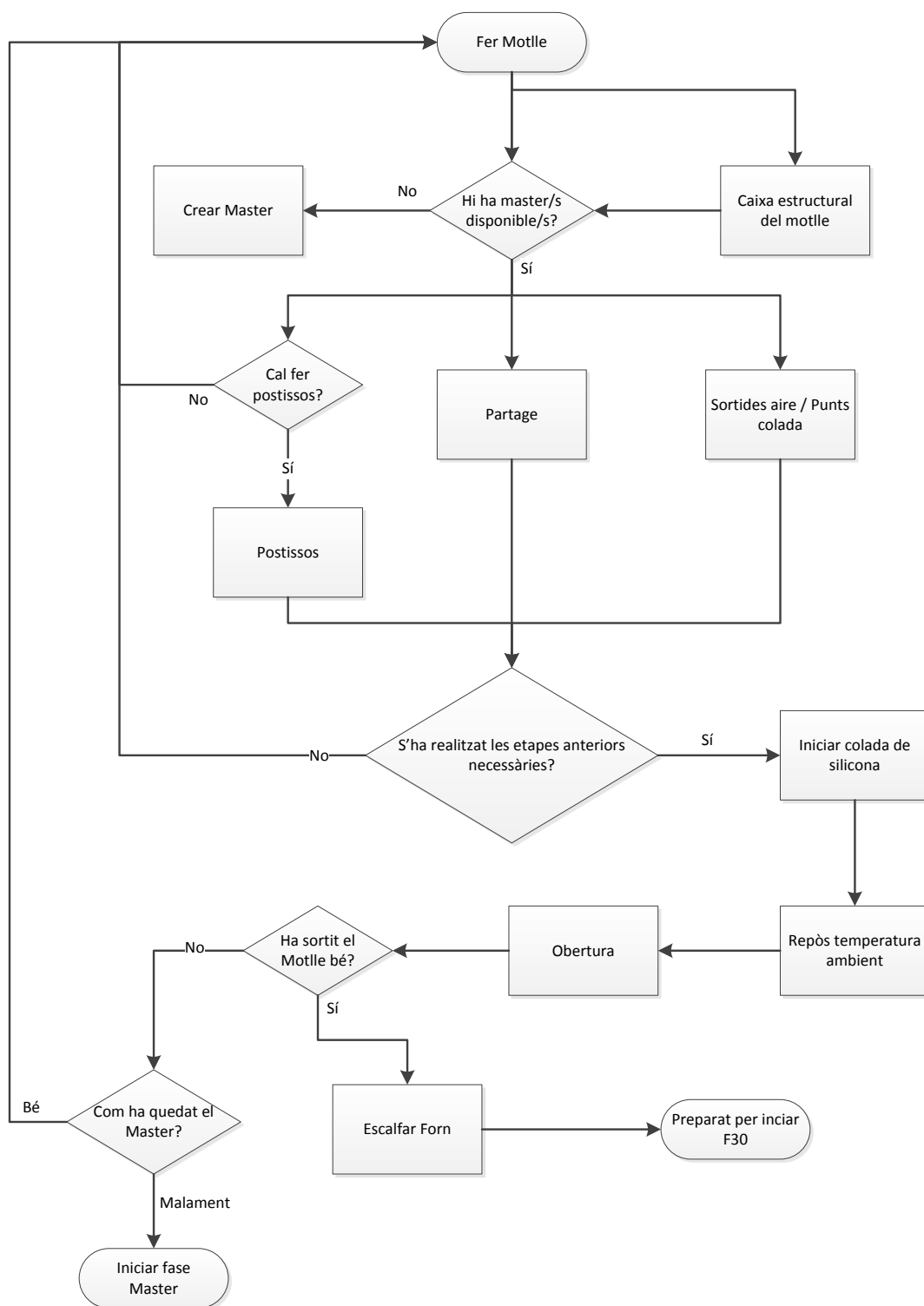


Figura 4. Arbre seqüencial d'estructuració de la fase de creació de motlles

Com s'observa a la *Figura 4. Arbre seqüencial d'estructuració de la fase de creació de motlles*, per a poder iniciar la colada de silicona s'ha de tenir fets uns preparatius previs per posar les sortides d'aire i punts de colada, el partage, fer la caixa estructural (veure *Figura 5. Caixa Estructural*) que li donarà forma al motlle al abocar la silicona líquida i, en cas necessari, els postissos. Per tant, la creació de la caixa estructural serà un pas principal, però també la preparació del màster per a que aquest quedi completament envoltat de silicona.



Figura 5. Caixa Estructural

El partage consisteix en posar una cinta al voltant del màster que permetrà saber a posteriori la profunditat del tall que se li ha d'aplicar a la silicona per no trencar ni el disseny del motlle ni el màster que conté a dins.

A continuació s'explica de forma detallada la interpretació de la *Figura 4. Arbre seqüencial d'estructuració de la fase de creació de motlles* per al cas en que l'operari hagi de realitzar més etapes:

Un cop l'operari té el màster creat, a aquest se li han d'annexar uns petits tubs de plàstic que marcaran, un cop recobert de silicona, les entrades de material i les sortides d'aire. A més, caldrà crear la caixa estructural en la que es situarà el màster. Com que el màster no pot estar tocant a la caixa estructural caldrà fer-li els suports de subjecció. Tots aquests passos són els que es descriuen amb caixa estructural, postissos, partage i sortides d'aire o punts de colada. Un cop s'han realitzat es col·loca de forma adequada el màster a dins la caixa i s'aboca la silicona líquida. Posteriorment es deixa reposar a temperatura ambient. Quan s'ha assecat s'obre, amb la màxima delicadesa intentant no trencar els màsters, i s'avalua el motlle. Si aquest està bé es posa al forn per a que agafi temperatura i així poder iniciar la següent fase. Si els màsters han sortit en bon estat es

guarden. En cas de que el motlle no sigui vàlid, es llença i s'avalua si es poden reaprofitar els màsters.

Com s'ha comentat anteriorment, a l'hora de produir una peça que ha encomanat el client, es mira si ja se li havia fet alguna peça del mateix tipus anteriorment. Si d'aquesta es conserva un motlle en condicions, en el que no s'ha produït un gran desgast, llavors hi ha la possibilitat que no hi hagi la necessitat ni de crear màster ni de crear motlle. S'ha de puntualitzar que la silicona té un desgast degut a la calor del forn a l'hora de crear peces, i un desgast natural que es produeix tot i no ser utilitzada. Així doncs, els motlles tenen una data de caducitat variable.

4.3 La creació de peces

És en aquesta fase s'utilitzen els motlles per produir peces abocant-hi a dins el material final del que estarà feta la peça. Per tant, s'ha de tenir un motlle en bon estat per poder generar peces.

A continuació s'explica de forma detallada la interpretació de la *Figura 7. Arbre seqüencial d'estructuració de la fase de creació de peces* per al cas en que l'operari hagi de realitzar més etapes:

Primerament, s'ha de condicionar el motlle per a que es pugui fer la colada del material seleccionat. És habitual la pràctica de reforçar el motlle amb elements metàl·lics que donaran rigidesa a la peça posteriorment. Després, un cop feta la colada, i si tot ha sortit adequadament, s'insereix el motlle dins del forn i s'espera a que es solidifiqui. Si no ha sortit bé s'ha d'avaluar el perquè i decidir si s'ha de tornar a fer el motlle des de zero ja que hi havia un error irreparable, o bé si hi ha hagut un error en la colada. Finalment, es retira el motlle (veure *Figura 6. Motlle de silicona*) del forn, s'obre per avaluar l'estat d'aquest i l'estat de les peces.



Figura 6. Motlle de silicona

S'observa que cada vegada que s'extreu el motlle del forn s'ha d'avaluar si aquest ha sortit ben parat o no, això és degut al desgast per temperatura que s'ha comentat en els apartats previs. En funció del que s'hagi determinat s'haurà de repetir el procés. Hi ha la possibilitat que el motlle no estigui ben creat i s'hagi de tornar a començar des de la fase inicial o bé des de la fase de creació de motlle, en funció de l'estat del problema.

En el cas que el motlle no es pugui aprofitar degut a que els operaris trobin alguna inconformitat llavors es llençarà. En la etapa d'avaluació de peces, aquestes es poden avaluar en tres grups: Correctes, incorrectes i reparables. Les correctes poden passar a la següent fase sense cap mena d'efecte pràctic. Les incorrectes es llencen. Les reparables necessiten de tractament per poder ser vàlides.

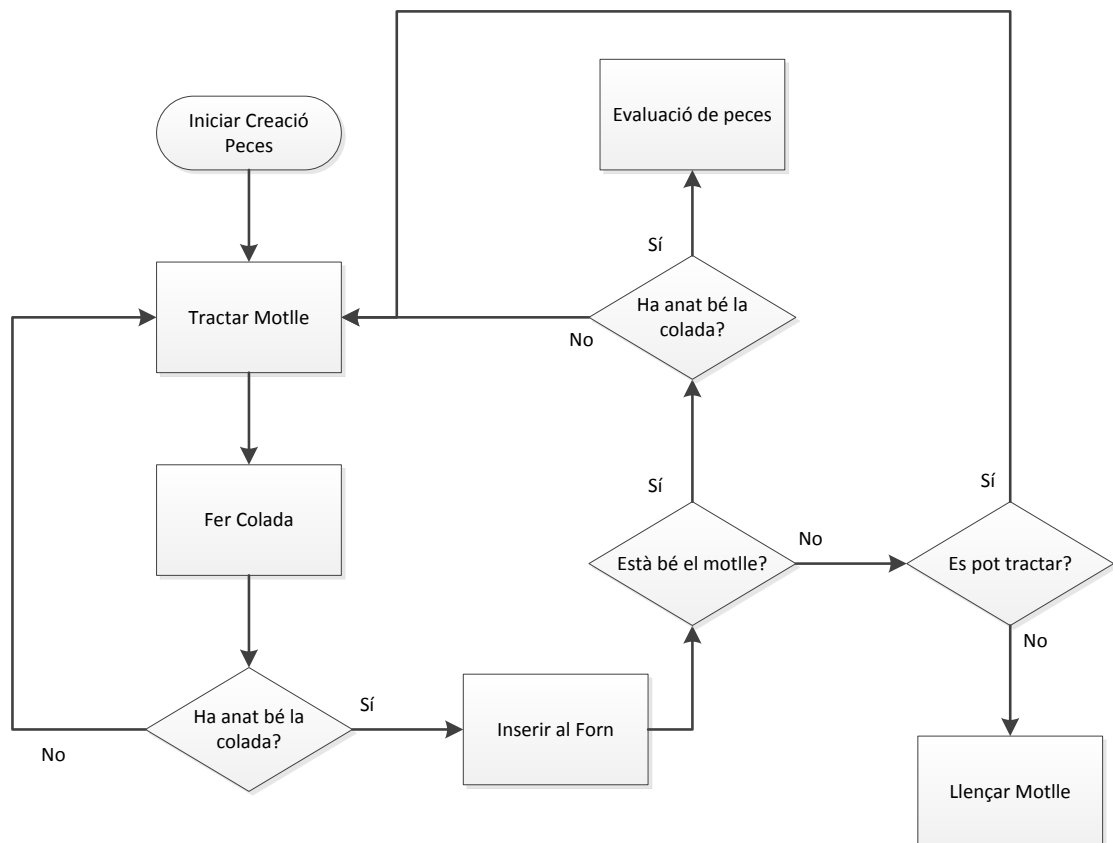


Figura 7. Arbre seqüencial d'estructuració de la fase de creació de peces

4.4 L'acabat de les peces

Un cop ja han sortit les peces correctament del motlle aquestes estarien llestes per entregar al client si no fos perquè en la majoria dels casos són peces finals que necessiten alguna mena de definició més com pot ser l'imprimat o la pintura, o bé donar-li a les peces unes propietats millors aplicant-li el postcurat. Així doncs, en aquesta fase es tracten les peces aptes per a donar-li l'acabat que compleixi amb els requeriments del client. Com es pot entreveure a la *Figura 8*.

Arbre seqüencial d'estructuració de la fase de l'acabat de les peces, en funció dels requeriments del client s'aplicaran unes etapes o unes altres.

A continuació s'explica de forma detallada la interpretació de la *Figura 8. Arbre seqüencial d'estructuració de la fase de l'acabat de les peces* per al cas en que l'operari hagi de realitzar més etapes:

Primer s'ha de polir la peça per treure-li possible rugositats o impureses generades a la sortida d'aire o entrada de material. Després, fer un tractament de postcurat per donar-li unes millors propietats a les peces, i finalment imprimir i pintar. En cas que no hagi sortit bé la imprimació es repetirà. En cas que no hagi sortit bé la pintura s'haurà de tornar a polir de nou i repetir el procés.

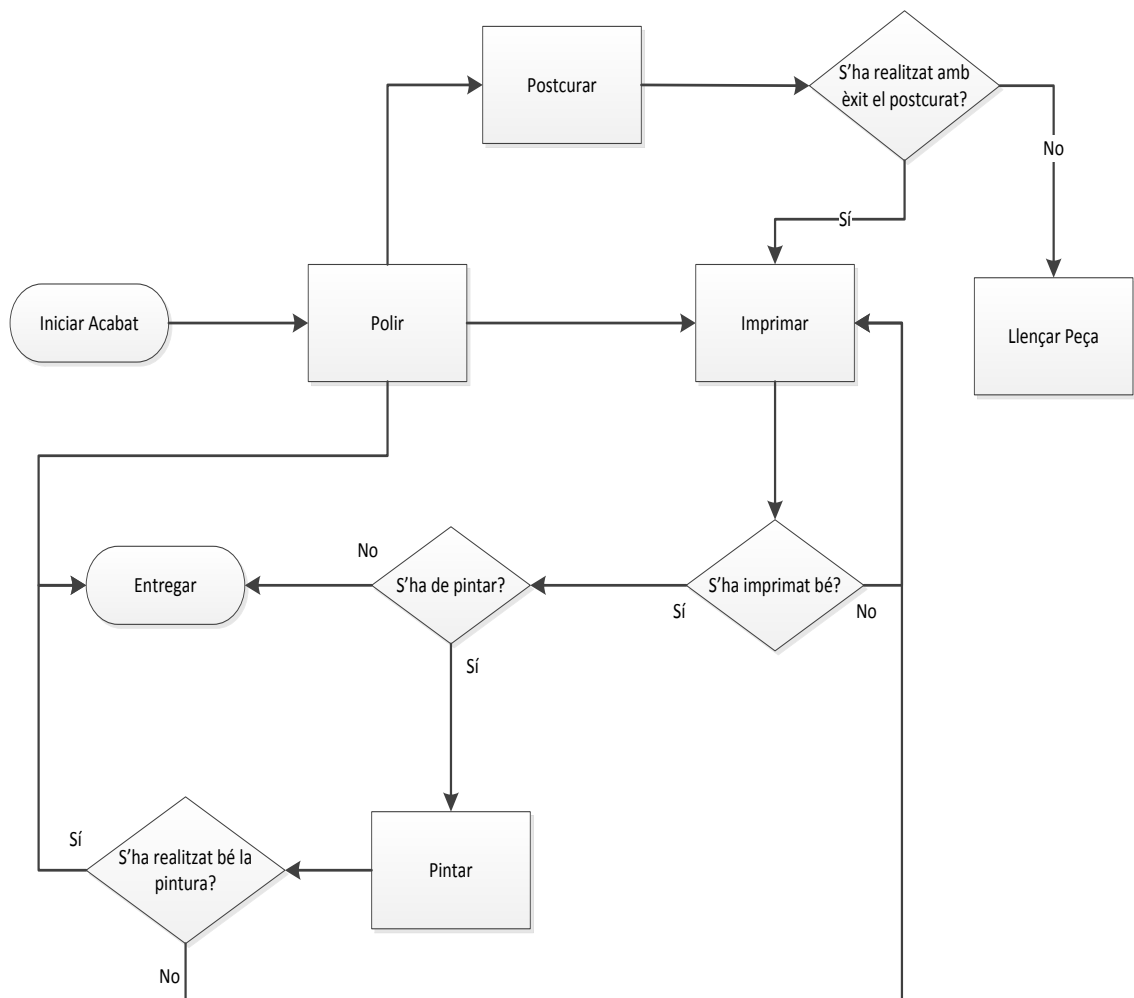



Figura 8. Arbre seqüencial d'estructuració de la fase de l'acabat de les peces

5 Gestió de la informació del procés de planta

L'actual mètode d'adquisició de dades es basa en omplir el formulari que es mostra a la *Figura 9. Full de ruta del procés*. El principal problema d'aquest mètode manuscrit és que s'apunten les dades al final de la jornada o quan s'ha acabat tot el cicle de les peces, cosa que fa que no es tingui la informació a temps real i, a més, que no es pugui tenir la fiabilitat que sempre s'apunti la informació requerida.

En el full de ruta s'apunten les fases que van realitzant els operaris en vers a un tipus de motlle. Aquest motlle pot contenir varies tipologies de peces (referències) a dins, però que no es té constància de quines. Aquesta és una dada que no apareix en lloc, tant sols se sap. Com a resultat d'això es perd molta informació de producció ja que aquest formulari no s'empra per poder tractar les dades i millorar el procés, sinó que només s'empra per comprovar què ha passat quan hi ha hagut una incidència greu.

		Documentació Motlle de Silicona					
Full de Ruta							
Realitzat per:	CODI PEÇA	DATA INICI	MATERIAL	PES	FASE	FASE	
Albert Arjona	L1401076-001	23/01/2014	PX223	210gr	10	MASTER	
Data: 22/01/2014	REFERÈNCIA CLIENT	DIMENSIONS	Nº PECES	ACABAT	20	MOTLLE	
Revisió nº: 1	Carcassa	200x200x150mm	25	Básico	30	COLADA	
					40	ACABAT	

Butlletí de Treball									
FASE	OPERARI	DATA	MÀQ	INICI	FI	QUANT	OK	NOK	OBSERVACIONS

Figura 9. Full de ruta del procés

Per a que s'entengui millor, a continuació s'explica el procediment a seguir pels operaris a l'hora d'iniciar la producció diària. Primerament s'hauria de veure quines són les ordres de fabricació que estan programades per aquell dia, cosa que es mostra en el paper que representa la *Figura 10. Ordre de treball*. Un cop els operaris han entès quines són les ordres de fabricació es començaria a operar en el procés de producció. Cada vegada que acabessin una fase haurien d'omplir de forma manual tota la informació de les columnes que es mostren a la *Figura 9. Full de ruta del procés*.

[illegible]

Es pot observar a la *Figura 11. Cas exemple full de ruta* que no es pot identificar de quina de les referències és la peça que ha sortit defectuosa.

5.1 Anàlisi de l'adquisició de la informació

A trets generals a la *Figura 9. Full de ruta del procés* es pot observar que el tipus d'informació que es vol extreure són les dades de producció. Concretament, en cada full de ruta només s'apuntarà la informació que pertanyi a un tipus de motlle com ja s'ha comentat. I un motlle pot contenir varies tipologies de peces, i de la mateixa tipologia en pot haver-hi varies. Aquest fet fa que no es pugui tenir un control exacte de que ha passat amb cada peça, ja que unes poden haver-se creat correctament i d'altres no com ja s'ha vist en l'exemple anterior.

Fins al moment actual, s'ha extret informació general de cada fase, sense saber que passava en cada una de les etapes, que com a molt s'indicava en un comentari. El fet d'automatitzar el procés per tal d'obtenir la informació digitalment fa que hi hagi un canvi de paradigma, en el que es pretendrà que la informació recollida sigui el més precisa possible per tal que sigui més fàcil d'avaluar, a posteriori, en quin punt del procés es cometen més incidències. En conseqüència ja no es voldrà enregistrar la informació de cada una de les fases per a cada motlle, sinó que es pretendrà obtenir la informació per cada etapa de cada referència.

Cal remarcar que a la *Figura 9. Full de ruta del procés* s'observa que ja hi ha dades prèviament definides per al correcte ús durant la producció com són el codi de la peça, la data d'inici, el material, el pes, l'acabat, les dimensions, el número de peces o la referència del client; entre d'altres no rellevants durant el procés de producció dut a terme pels operaris. Aquestes dades serveixen a l'operari per distingir d'una tipologia de peça d'una altra.

Seguidament es detallen els camps a omplir per l'operari un cop s'ha realitzat una de les fases per a un tipus de motlle: fase, operari, data, màquina, hora inici (INICI), hora finalització (FI), quantitat (QUANT), quantitat bones (OK), quantitat dolentes (NOK) i observacions. Deixa palesa que quantitat, quantitat bones i quantitat dolentes es referirà a màsters, motlles o peces en funció de la fase en la que s'estigui.

D'una banda es valorarà quins camps són rellevants per a cada fase amb la intenció d'obtenir una plantilla similar a la que s'utilitza a la *Figura 9. Full de ruta del procés*, però aquest cop registrant la informació per cada etapa i per cada referència. D'altra banda, s'ampliaran els camps dels que es voldrà extreure la informació, i a més, es miraran quins són els camps rellevants per poder obtindre la traçabilitat.

5.1.1 Informació requerida de la fase de creació de màsters

Per a la fase inicial, es creu convenient seguir usant tots els camps que es mostren a la *Figura 9. Full de ruta del procés* excepte el camp màquina ja que a cada etapa no s'utilitza una. A més, s'afegirà el camp Referència, que indicarà el tipus de peça al que se li ha aplicat la operació i un camp que comptabilitzi el nombre de peces per a cada referència.

Tanmateix, aquesta fase impedeix fer la traçabilitat peça a peça ja que qualsevol intent de posar alguna mena de tecnologia com per exemple etiquetes, targetes RFID, codi de colors, codi de barres, entre d'altres per identificar cada peça faria modificar la peça en si, i per tant també modificaria el motlle que sortís posteriorment i les peces resultants. Ara bé, es podrà generar un control de la producció que permetrà saber en tot moment quants màsters de cada referència hi ha en cada una de les etapes. A més, també es podrà saber quin rebuig, degut a errades de producció, esta havent en cada moment.

No es contempla la possibilitat d'enregistrar els màsters que s'han pintat malament ja que segons els operaris no hi ha necessitat de que aquestes peces estiguin 100% ben pintades, ja que només serveixen de model i per donar unes propietats al motlle que es crearà a posteriori.

5.1.2 Adquisició de la informació de la fase de creació de motlles

A la fase de creació de motlles també es seguirà el mateix patró que s'usava fins ara (veure *Figura 9. Full de ruta del procés*). I al igual que a la fase anterior, es creu convenient eliminar el camp màquina i afegir el camp referència i el camp que comptabilitzi les peces de cada referència.

Obtenir la traçabilitat peça a peça d'aquesta fase és complicat ja que tampoc se li pot afegir cap identificador a les etapes de prèvies a abocar la silicona a dins la caixa estructural. A més, el fet de que als motlles hi pugui haver més d'una referència, i que de cada referència hi pugui haver més d'un màster dificulta la identificació inequívoca. Per tant, no es podrà fer una traçabilitat peça a peça, però si pel conjunt del motlle, sempre a partir del moment en que es crea la caixa estructural.

De la mateixa manera que a la fase anterior, es podrà tenir un control de la producció, sabent quin nombre de màsters estan sent tractats prèviament a la colada de silicona líquida. També es podrà saber el nombre de motlles que estan en procés de crear-se.

5.1.3 Adquisició de la informació de la fase de creació de peces

Seguint el mateix patró que a les anteriors fases s'ha decidit que aquesta fase contindrà exactament els mateixos camps que les dues fase anteriors.

En aquesta fase tampoc es podrà obtenir la traçabilitat de les peces per motius explicats a la fase anterior. De la mateixa manera que sí que es podrà obtenir la traçabilitat del motlle i el control de la producció.

5.1.4 Adquisició de la informació de la fase de l'acabat de les peces

La fase de l'acabat de les peces utilitzarà el mateix patró que les anteriors, així que contindrà els mateixos camps.

Pel que fa a la traçabilitat de les peces, en aquest cas tampoc es pot obtenir, en conseqüència, es tindrà el registre del control de la producció. De la mateixa manera que en la fase de creació de màsters en aquesta fase també es podrà comptabilitzar el nombre de peces rebutjades degut a un error en la producció. A més, en aquesta es tindrà un camp que comptabilitzi de les peces que han sortit bé de la fase anterior, però que necessiten una petita reparació, tampoc es pot obtenir, i uns altres camps per comptabilitzar les que peces que s'han pintat de forma inadequada i que s'han de reparar.

5.1.5 Mètode d'obtenció de dades del procés

Com ja s'ha explicat la traçabilitat de les peces o màsters no es podrà obtindre, cosa que ens dificulta tenir un control sobre la producció ja que no es podrà adherir cap mena de dispositiu ni a uns i als altres. És doncs, quan es planteja que l'operari tingui una pantalla amb la que pugui seleccionar quina etapa està realitzant i per a quina o quines referències ho està fent, indicant el nombre de peces o màsters està usant per a cada una d'elles.

Aquesta decisió comporta doncs que se li haurà de mostrar a l'operari les opcions de producció per a aquell dia, i serà ell el que seleccionarà quina està fent. Per tant, els operaris entraran la informació al sistema de forma manual, però no escrita.

Pel que respecte a la traçabilitat del motlle no hi ha tanta limitació com a les peces ja que es poden aplicar diverses solucions com les de posar un codi de barres amb el seu lector corresponent, dibuixar algun identificador que es pugui llegir amb tecnologia de visió per computador, o bé, inserir una tag RFID (veure *Figura 12. Tags RFID*) al motlle en el moment d'abocar la silicona líquida durant la creació d'aquest o bé, incrustar la tag RFID a posteriori.



Figura 12. Tags RFID

Entre les opcions esmentades, la de posar un codi de barres a la part externa del motlle no es viable degut a que el motlle opera en condicions de temperatures elevades al haver d'estar períodes llargs dins del forn, cosa que malmetria l'adhesiu del codi de barres fins que s'acabés caient. Pel que fa a les altres dues, es considera que la opció de visió per computador no es viable ja que per una banda incrementaria molt el cost del material, i per l'altre els dibuixos haurien d'anar redibuixant-se degut al mateix desgast. A més, aquesta mateixa opció correria un risc afegit, ja que la producció de per si no es fa en un entorn net, és a dir es treballa amb humitat, pols, brutícia i altres elements contaminants, cosa que podria provocar que es taques la zona de lectura del motlle.

Així doncs, es considera que la opció de treballar amb tags RFID és la opció més apropiada ja que no es corre risc de poder desenganxar-se i no és la opció més cara. Tant sols caldrà garantir que les tags RFID escollides suporten temperatures elevades. La operativa de funcionament seria enganxar al motlle la tag RFID tal i com es pot veure a la *Figura 13. Motlle de silicona amb la tag RFID inserida*.

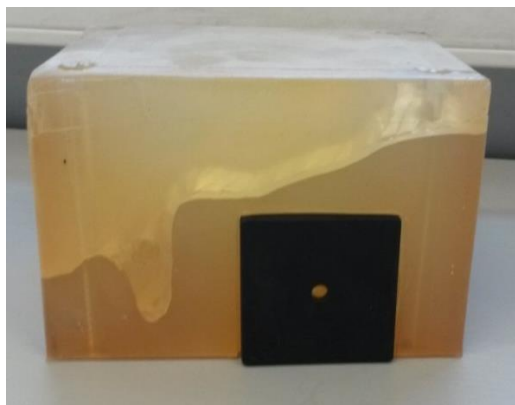


Figura 13. Motlle de silicona amb la tag RFID inserida

6 Selecció del hardware de planta

Seguint les limitacions del procés i d'adquisició de la informació comentades en els apartats anteriors es disposa a seleccionar tots els dispositius que permetran la integració del sistema.

6.1 Selecció lector RFID

El primer element condicionant de cara la selecció dels dispositius és la tag RFID. A nivell industrial, aquestes tags es poden llegir a partir d'un lector RFID tal i com es mostra a la *Figura 14. Lector RFID*, i aquest lector només es pot comunicar amb un Programmable Logic Controller (PLC).



Figura 14. Lector RFID

6.2 Selecció PLC

Un PLC és un dispositiu electrònic preparat per funcionar en condicions industrials de funcionament. El PLC corre un programa que s'encarrega de la gestió del funcionament de les línies de producció, llegint la informació de planta mitjançant els sensors de planta que poden anar connectats a alguna de les seves entrades analògiques o digitals, i aquest pot fer funcionar un dels accionaments mitjançant les sortides que té. A més, es pot comunicar amb altres dispositius, ja siguin PLCs, robots, pantalles o simplement ordinadors a través de xarxes de comunicació.

Com que un dels objectius d'aquest projecte és aportar coneixement al màster PAIR, el qual conté un postgrau relacionat amb els PLCs, es decideix que aquest PLC sigui d'una marca que no s'estigui utilitzant al màster actualment. Per tant, es descarta usar un Siemens, un Schneider o un ABB. La qual cosa ens fa optar per un PLC Allen-Bradley ja que són la marca d'ús més comú als Estats Units d'Amèrica, i que poc a poc s'està fent un forat al mercat Europeu degut a la fàcil corba d'aprenentatge dels seus softwares. En conseqüència per fer una millor integració es considera oportú que tots els dispositius sigui de la mateixa marca

ja que tots ells es comunicaran a través del protocol EthernetIP. A més, es creu que també serà més fàcil la integració dels diversos dispositius si tots els elements de camp són de la mateixa marca. Per tant, el lector de tags RFID i les mateixes tags hauran de ser de Allen-Bradley.

Es selecciona un PLC Allen-Bradley L16ER de la gama CompactLogix que es mostra a la *Figura 15. PLC Allen-Bradley CompactLogix L16ER*, el que significa que no és un PLC per mòduls, sinó compacte, en el que les entrades i sortides digitals ja venen conjuntament amb el PLC. Aquesta elecció es deguda a que es vol minimitzar el possible espai físic que ocupi a la zona de treball i a la vegada dona una visió al màster PAIR del que són els PLC compactes, cosa que fins al moment no s'havia mostrat.

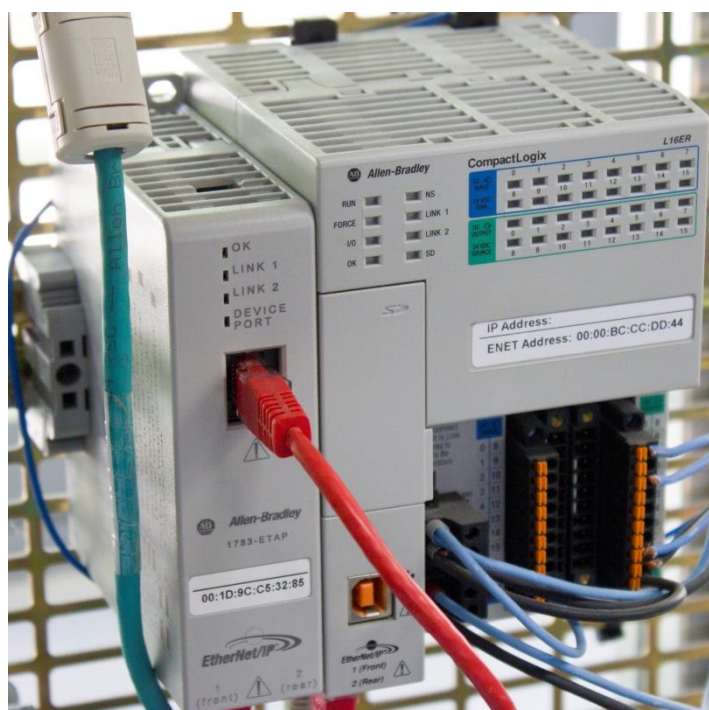


Figura 15. PLC Allen-Bradley CompactLogix L16ER

Per a comunicar el lector RFID i el PLC s'haurà d'instal·lar un dispositiu que té la funció de traductor en els dos sentits del flux de la informació ja que el Allen Bradley treballa amb EthernetIP i el lector RFID amb RS-485. El dispositiu en qüestió rep el nom de Interface Block.

6.3 Selecció de tags RFID

La selecció de les tags ve determinada per la temperatura del procés ja que arriba a superar els 75°C. De totes les tags que fabrica Allen-Bradley només hi ha unes que resisteixen tanta temperatura, que són les SLI-128Kb veure *Figura 16. Tag RFID SLI alta temperatura*. D'aquesta manera ja es garanteix que es pot complir amb les premisses pressos anteriorment.

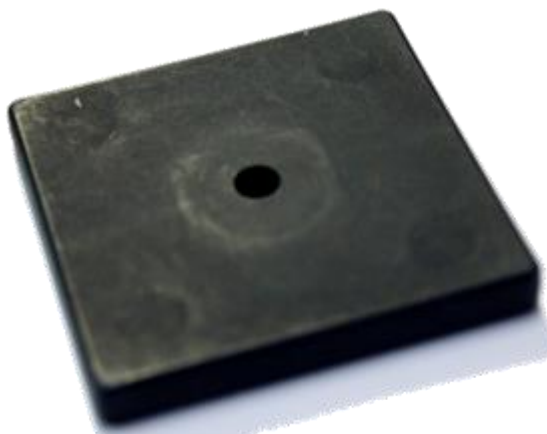


Figura 16. Tag RFID SLI alta temperatura

En quant a les tags RFID, són unes targetes o peces identificadores que utilitzen la tecnologia contactless (sense contacte ni fils) per poder transmetre la informació. En aquestes tags es pot llegir o escriure la informació però per fer-ho es necessita un lector com el de la *Figura 16. Tag RFID SLI alta temperatura*.

Cada tag, per defecte de fabrica, conté un número identificador universal únic (UUID) que no es pot repetir en tot el món. Aquest número permet distingir una tag d'una altra, cosa que és útil per diferenciar un motlle d'un altre al estar adherit a una tag RFID.

6.4 Selecció de la pantalla HMI

El següent element a tenir present a la selecció és la pantalla amb la que l'operari haurà d'indicar les dades pertinents a la etapa que estigui treballant. Com que l'entorn de producció no és un entorn net, només queda l'opció de posar una Human-Machine Interface (HMI) que és una pantalla digital que permet actuar amb robustesa en entorns on les condicions de treball no són habitual, ja sigui perquè hi ha altes.

Els únics requisits d'aquesta pantalla són que sigui d'Allen-Bradley, per poder establir comunicació i entesa, i que tingui una grandària suficient per a que els operaris puguin per una banda, entendre amb claredat les ordres de fabricació, i per l'altra banda, indicar quina operacions estan realitzant al procés.

Seguint el primer criteri de mida esmentat, dins de la gamma de HMI que té Allen-Bradley es descarta la de 400 inches. També les superiors a 1000 inches ja que serien massa grans i massa costoses. Així doncs, serveix qualsevol pantalla de 600 o 700 inches. Es decideix triar una Panel View Plus 600 amb sistema operatiu Windows CE ja que el comercial d'Allen Bradley tenia la pantalla en promoció.



Figura 17. HMI Panel View Compact 600

7 Necessitats del sistema de direcció

Fins ara s'ha explicat el procés de producció i s'ha plantejat quins dispositius s'usarà de cara a l'adquisició de dades que es generin durant la producció que fa l'operari. A continuació es plantejarà la introducció de les ordres de treball (veure *Figura 10. Ordre de treball*) al sistema per part dels directius de la línia, per a que els operaris sàpiguin quines operacions han de fer per a les respectives referències.

7.1 Introducció de les ordres de treball

Com es pot observar a la *Figura 10. Ordre de treball*, la fulla d'ordre de treball mostra la informació que necessiten els operaris per a poder operar per a un tipus de referència concret. D'aquestes dades hi ha algunes imprescindibles per saber què s'ha de fer durant la producció i altres que són dades internes que permeten identificar o pautar el projecte. Separant-les en dues llistes:

Dades per a la producció: Comanda, Referència, XYZ (dimensions), Material, Pes, Quantitat, Acabat, Data Objectiu.

Dades internes: Projecte, Client, Responsable, Aprovat per, Gestor, Prioritat, Data confirmació, Data fi, Data.

Les dades internes serà interessant emmagatzemar-les per a poder mostrar-les en cas de necessitat, però les dades per a la producció s'hauran de mostrar en el seu degut moment durant la producció.

Com que les dades de producció emmagatzemades fins ara donen informació de les fases i no de les etapes, s'haurà de modificar alguns dels seus camps com per exemple el camp acabat, que fins al moment es feia un escrit del que es volia aconseguir i a partir d'ara s'haurà d'especificar amb més claredat si es vol fer un polit, un imprimat, un postcurat o un pintat. Remarcar que no passa el mateix amb el camp material perquè els operaris ja tenien una llista (veure *Figura 18. Quadricula de llistat de material*) amb les propietats de cada un dels materials. Els camps de la llista seran mostrats als operaris en el moment oportú. També s'haurà d'inserir els camps de nombre de màsters a fer, nombre de motlles a fer.

Material	Color	Resina PUR	Densitat (g/cm³)	Preu comercial (€/kg)	Preu cm³
ABS	Negre	PX 2017 HT	1,16	25,8000	0,029928
PP alt impacte	Blanc	PX 220	1,2	28,3000	0,03396
PMMA	Transparent	PX522 HT	1,0600	33,3300	0,0353298
PA6	Blanc	PX226	1,2	33,0900	0,039708
POM	Blanc	PX245	1,25	45,3800	0,056725
PEEK	Àmbar	PX234 HT	1,19	50,5000	0,060095
PP	Àmbar	UR 3490	1,08	46,6800	0,0504144
Caucho	Àmbar	UPX 8400	1,2	20,0000	0,024
PC	Translúcido	PX225	1,16	14,0200	0,0162632

Figura 18. Quadricula de llistat de material

7.2 Necessitat de software i hardware

En aquest apartat es veurà com s'integren tots els dispositius, softwares de programació i les comunicacions i connexions entre ells, de tal manera en que s'entengui quina serà l'estructura de la xarxa, quins softwares s'emprarà i quin serà el recorregut de la informació.

7.2.1 Software de gestió de la informació

El sistemes automàtics que gestionen o treballen la informació de camp a la indústria venen determinats per la part alta de la piràmide CIM (veure *Figura 19. Piràmide CIM de l'automatització*).

Tal i com s'observa a la *Figura 19. Piràmide CIM de l'automatització* es parla de sistemes d'Enterprise Resource Planning (ERP), Manufacturing Execution System (MES) o Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA), és a dir sistemes de gestió del negoci, sistemes d'execució de la producció y sistemes de control de processos de producció.



Figura 19. Piràmide CIM de l'automatització

De cara a l'elecció de quin és el més adient per al projecte es detalla a continuació en que consisteix cada capa.

L'ERP és un sistema automàtic que gestiona la informació de tota l'empresa des d'un punt de vista empresarial (*business*). Majoritàriament està adreçat a grans empreses multinacionals ja que permet controlar tots els àmbits de l'empresa de forma global i centralitzada, independent de on siguin les fabriques de producció. Els àmbits que avarca l'ERP són, entre altres, la logística, el desenvolupament de producte, les vendes, el màrqueting, la planificació, la compra, la entrega i els recursos humans, tot depenent de la empresa en qüestió. Com es pot veure, l'ERP no només controla paràmetres interns de fabrica sinó que també altres externs com la logística o les vendes. Exemples de sistemes automàtics ERP són el SAP o el *Microsoft Dynamics*.

El MES és un sistema automàtic que gestiona la informació de planta d'una empresa. Aquest sistema controla la informació de producció, supervisa les operacions de producció, controla la quantitat de producció, les matèries primeres, l'stock, la planificació de la producció, la qualitat, el manteniment i, entre altres aspectes, et dona un tractament de les dades de producció (KPIs) com poden ser l'OEE (Overall Equipment Effectiveness), el MTTR (Mean Time To Repair), MTBF (Mean Time Between Failure), el Lead time, etc. El sistema MES no intervé en el procés de producció directament ja que no li correspon saber si s'està produint de forma correcta, sinó que li interessa si s'ha produït

correctament o no, o inclús si s'ha produït. El sistema MES només té àmbit d'aplicació dins de les parets de la empresa.

L'SCADA és un sistema automàtic que recull la informació d'una línia o un procés de producció a temps real i de forma automàtica per controlar que s'estigui produint amb les condicions adequades. Aquest sistema està pensat per a que es pugui interactuar amb la producció de forma automàtica. A l'SCADA no li correspon tenir el control ni del material per produir, ni de la planificació de la producció, ni del que s'està produint, tant sols li correspon que allò que s'estigui produint ho faci de la forma en la que s'ha establert. Aquest sistema només té àmbit d'aplicació dins les parets de l'empresa.

Tot i així, com que els softwares per desenvolupar una aplicació ERP, MES o SCADA són flexibles, i en algun cas poden ser els mateixos, és possible que a la indústria es pugui trobar SCADAs amb funcions de MES, MES amb funció d'SCADA o ERP amb funcions de MES fent difícil la seva diferenciació. Això, a més, ve afavorit per la necessitat de no pagar noves llicències o programadors per fer una nova aplicació, o el fet d'haver de formar al personal en una nova aplicació.

Tenint en compte el que s'ha comentat dels tres sistemes automàtics es considera convenient que la aplicació a realitzar ha de correspondre a un sistema MES, i en la que com ja s'ha comentat, es farà un control de la producció, un control de les operacions realitzades i el càlcul dels KPI rellevants.

El software per desenvolupar una aplicació MES que es té a la Fundació CIM és de la marca *Ignition!*. Aquest software no suposa cap mena de cost de llicència o d'instal·lació ja que la fundació ja té un conveni amb la mateixa marca en el que s'estipula que es pot usar il·limitadament.

Per tant, s'usarà el *Ignition!* per poder fer el control de la producció, però encara cal definir com es faran les comunicacions amb el servidor que conté aquest programa. I sobretot, on i com es guardaran les dades producció i direcció que es vagin recopilant.

7.2.2 Comunicació entre planta i la xarxa de l'empresa

Un cop definit quin sistema automàtic és més adequat per a la funcionalitat del projecte, i un cop decidit el software amb el que es realitzarà la aplicació final cal saber com es comunicaran els dispositius de planta (HMI, Lector RFID i PLC) amb el servidor en el que correrà un sistema operatiu i en el que estarà instal·lat l'*Ignition!*.

La solució que s'utilitza a la indústria és l'OPC (OLE for Proces Control), que és una interfície de software que permet als programes que corren a Windows comunicar-se amb els dispositius industrials com pot ser el cas d'un PLC.

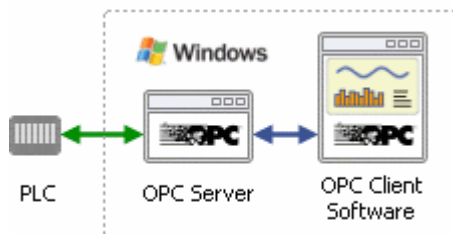


Figura 20. Estructura de funcionament Server / Client OPC

OPC està basat en una arquitectura server/client (veure *Figura 20. Estructura de funcionament Server / Client OPC*), és a dir, el servidor envia la informació i rep comandes, i el client rep la informació i envia comandes. L'OPC server és l'encarregat de traduir el protocol de comunicació que usen els dispositius de planta al protocol de comunicació OPC, que és open, la qual cosa permet als softwares de Windows llegir la informació. Per tant, els softwares de Windows són anomenats OPC Clients.

La comunicació més usual a la indústria és amb un únic OPC Server i un únic OPC Client, però es pot donar el cas en que un OPC Server estigui comunicat amb varis OPC Clients i, al contrari, que un OPC Client estigui comunicat amb varis OPC Servers. A més, si es volgués compartir la informació es podria comunicar un OPC Server amb un altre OPC Server.

Un altre aspecte a tenir present és si el OPC Server és del tipus DA (*Data Acces*) o UA (*Unified Architecture*). L'OPC UA està més adaptat a les necessitats actuals ja que principalment pot funcionar en qualsevol sistema operatiu, és més segur i és molt més fàcil de configurar. A diferència, a l'OPC DA se li ha de configurar el port DCOM i se li ha d'obrir el Firewall.

A la Fundació CIM és té tres tipus de software que poden fer la funció d'OPC Server: Matrikon OPC Server, RSLinx OPC Server i Ignition OPC Server. No es contempla buscar algun altre ja que faria augmentar el cost del projecte.

Tal i com es veu a la

OPC SERVERS	Matrikon	RSLinx	Ignition
DA / UA	UA i DA	DA	UA i DA
Instal·lació	Instal·lat	No instal·lat	Instal·lat

Comunicacions	No comunicat	No comunicat	Automàtic
Aporta coneixement al Màster PAIR	No	Sí	Sí
Estructura de xarxa	2 Servidors	1 Servidor	1 Servidor

Taula 1. Comparativa entre OPC Servers l'OPC Ignition és el que millor s'adequa a les necessitats ja que pot fer de OPC UA, les comunicacions amb els dispositius de camp són automàtiques (només s'ha de definir la IP de l'aparell en qüestió), aporta coneixement al màster ja que el que actualment s'ensenya és el Matrikon OPC Server i no cal que es tingui dos servidors diferents l'OPC Server i l'OPC Client ja que, en aquest cas, el software *Ignition!* fa de OPC Server i l'OPC Client a la vegada, agafant les dades de camp i donant-se-les a si mateix. És un cas aïllat a la indústria, però es contempla amb bons ulls ja que és simple d'emprar.

OPC SERVERS	Matrikon	RSLink	Ignition
DA / UA	UA i DA	DA	UA i DA
Instal·lació	Instal·lat	No instal·lat	Instal·lat
Comunicacions	No comunicat	No comunicat	Automàtic
Aporta coneixement al Màster PAIR	No	Sí	Sí
Estructura de xarxa	2 Servidors	1 Servidor	1 Servidor

Taula 1. Comparativa entre OPC Servers

7.2.3 Emmagatzematge de la informació

Per poder historitzar la informació, el sistema que s'està creant necessitarà d'una base de dades per poder emmagatzemar totes les dades rellevants. Per decidir quina tipologia de base de dades s'estructura millor al procés primerament es fa una selecció pel tipus de llenguatge de programació. Actualment, els dos llenguatges més coneguts són SQL(*Structured Query Language*) i NoSQL(*Not Only Structured Query Language*).

Les bases de dades NoSQL s'utilitzen quan la informació a recollir no cal que estigui molt estructurada, el flux de dades ha de ser molt gran (superior a 1TB) i el sistema ha de poder guardar-ho ràpidament (diferència del ordre de mil·lisegons) o bé quan hi ha previsió o necessitat de que la base de dades s'escali, és a dir, s'ampliï. Uns exemples d'utilització de base de dades NoSQL en la que es necessita rapidesa i es treballa amb un gran volum de dades són Facebook, LinkedIn, Google, Twitter o Amazon.

Per tant, en la major part dels casos industrials s'utilitza una base de dades SQL ja que normalment el flux de dades no ha de ser tant gran. Aquest tipus de bases de dades és relacional, cosa que permet extreure informació relacionada d'una forma més estructurada. Així doncs, es treballarà amb el llenguatge SQL ja que es premia més la seguretat de l'emmagatzematge que no pas una rapidesa que per a aquest cas no es notaria la diferència.

El llenguatge SQL es pot usar en multitud de softwares, entre ells el Microsoft Accés, el PostgreSQL, Oracle, etc. En aquest projecte s'ha cregut convenient usar MySQL, que és open software, cosa que ajudarà a no augmentar els costos del projecte.

L'accés a la lectura o a la escriptura de la base de dades la durà a terme el *Ignition!* (MES) ja que té funcionalitats d'scripting.

7.2.4 Arquitectura de hardware, software i comunicacions

Per tal d'entendre i assentar el que s'ha explicat fins ara, es creu convenient explicar l'estructura que haurà de seguir el programa.

Primerament, a la *Figura 21. Arquitectura de hardware* es mostra l'arquitectura de hardware amb la ubicació de cada dispositiu dins de la xarxa ethernet de la Fundació CIM.

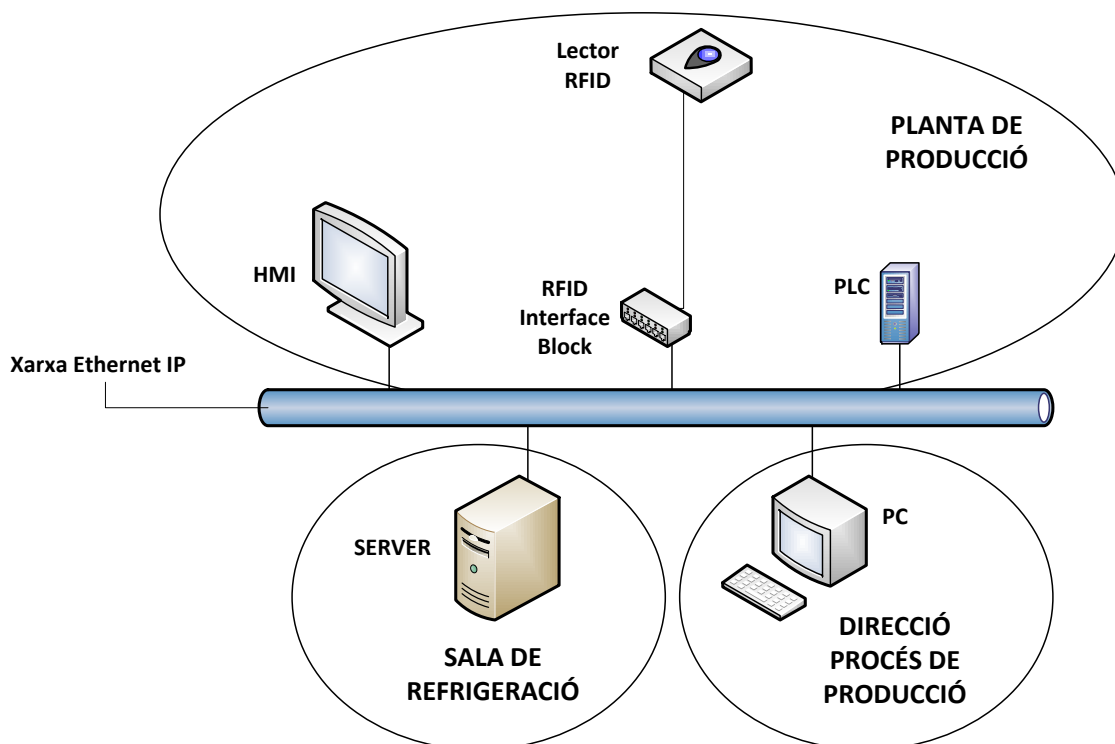


Figura 21. Arquitectura de hardware

Seguidament, a la *Figura 22. Arquitectura de hardware i software* es mostren els softwares de programació i disseny de cada un dels dispositius distribuïts a la xarxa ethernet/IP. El lector RFID no corre cap software ja que el funcionament d'aquest es programarà amb el software *RSLogix 5000* que correrà sobre el PLC. La interfície de pantalles que es mostrarà a través de la HMI i la comunicació de les variables de programació(Tags) amb el PLC es programarà mitjançant el *Factory Talk View Studio*.

La base de dades i el *Ignition!* estaran allotjats al mateix servidor, cosa que facilitarà possibles migracions futures. El programa *Ignition!* també té una arquitectura Server/Client. Així doncs, el programa correrà en el servidor, i aquest servirà una imatge del projecte i tot aquella informació que s'hagi establert en el mateix a aquells ordinadors que ho demanin. Quan algun d'aquests ho requereixi el Client de *Ignition!* enviarà la comanda de registrar les ordres de fabricació enviant la informació cap al servidor, i aquest cap a la base de dades, en cas que sigui necessari.

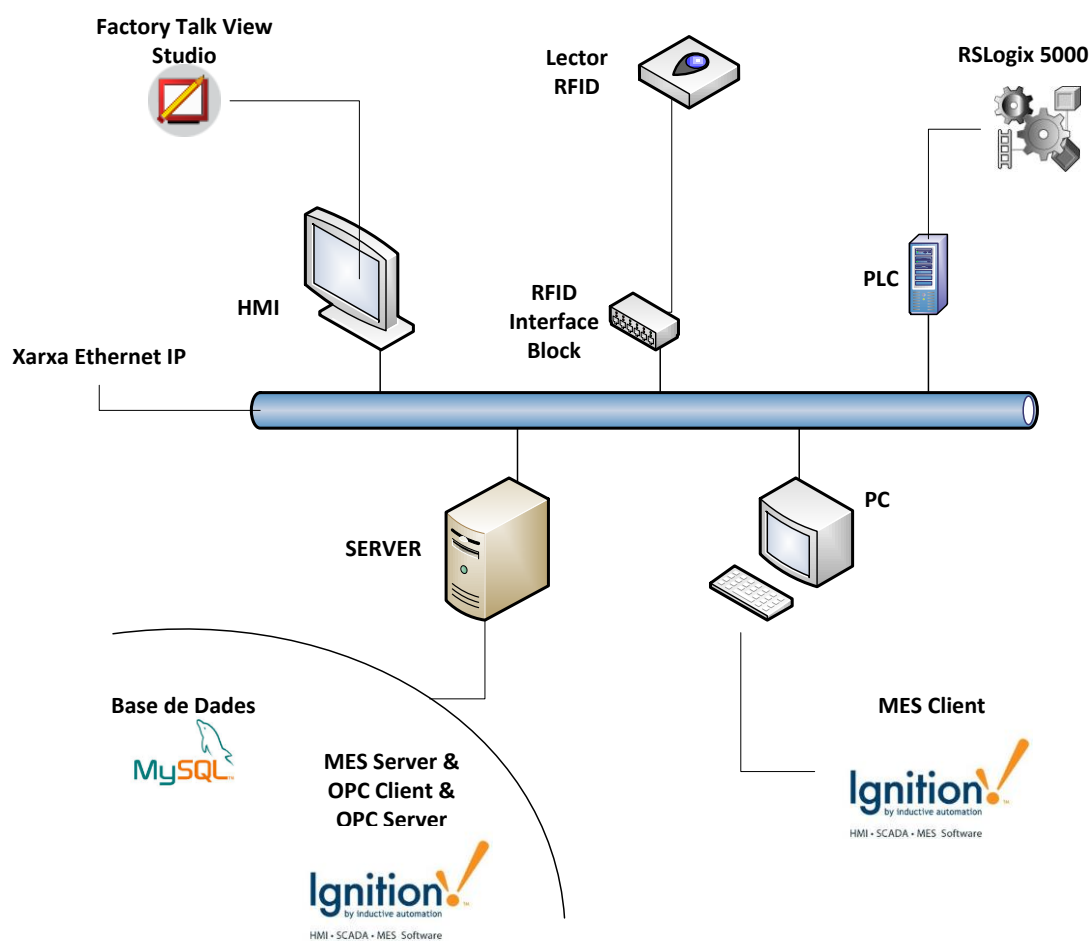


Figura 22. Arquitectura de hardware i software

Després, a la Figura 23. Arquitectura de hardware i comunicacions es mostren les comunicacions bidireccionals que hi haurà entre els dispositius del projecte. No hi haurà cap comunicació unidireccional. Dit d'una altra manera, tot i que tots els dispositius estiguin connectats a la xarxa ethernet només hi haurà intercanvi d'informació entre els dispositius que estiguin entrellaçats a la Figura 23. Arquitectura de hardware i comunicacions. Així doncs, si per exemple es volgués comunicar el servidor i la HMI la informació hauria de passar a través del PLC, és a dir, que primer s'hauria de bolcar en el PLC i després aquest s'hauria de comunicar amb la HMI.

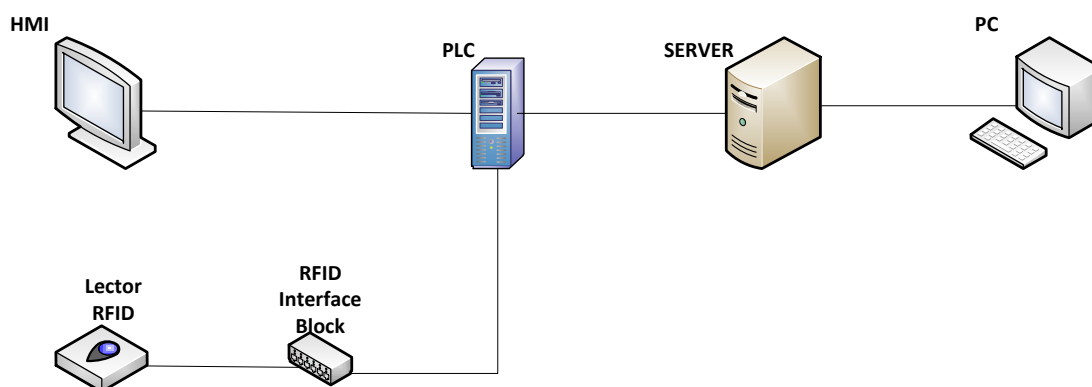


Figura 23. Arquitectura de hardware i comunicacions

Així doncs, quan l'equip de direcció decideixi entrar al sistema una ordre de fabricació ho farà des de l'ordinador. Aquest enviarà la informació al servidor que la processarà. Un cop processada l'hi escriurà la informació les tags (variables) del PLC i, finalment aquestes seran enviades a la HMI que es a on se li mostraran al operari.

Tot seguit, a la Figura 24. Arquitectura de softwares i comunicacions es mostren les comunicacions que hi haurà d'haver entre els softwares.

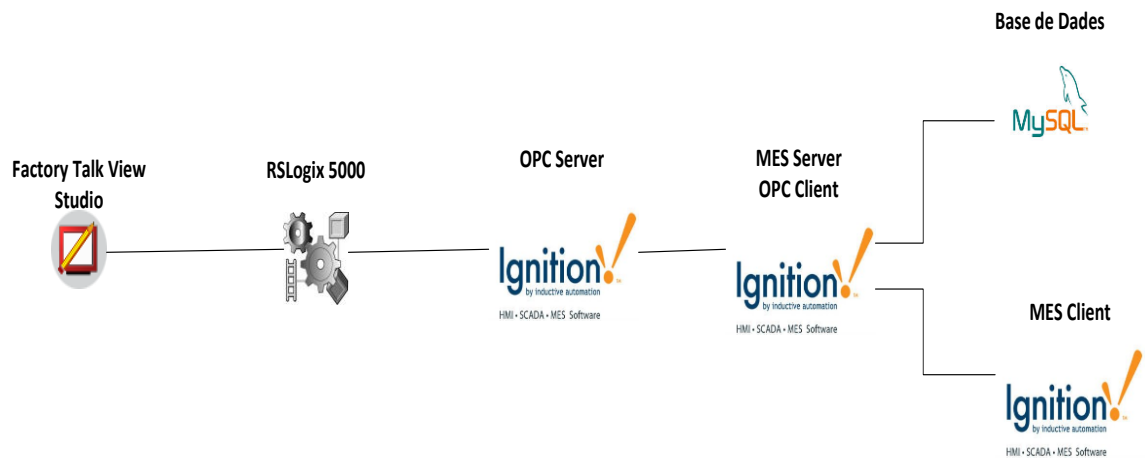


Figura 24. Arquitectura de softwares i comunicacions

Finalment, a la *Figura 25. Arquitectura de hardware, software i comunicacions* es mostren les tres arquitectures superposades, a on cada dispositiu té un software de disseny i/o programació i les seves comunicacions amb els altres dispositius a través de la xarxa Ethernet.

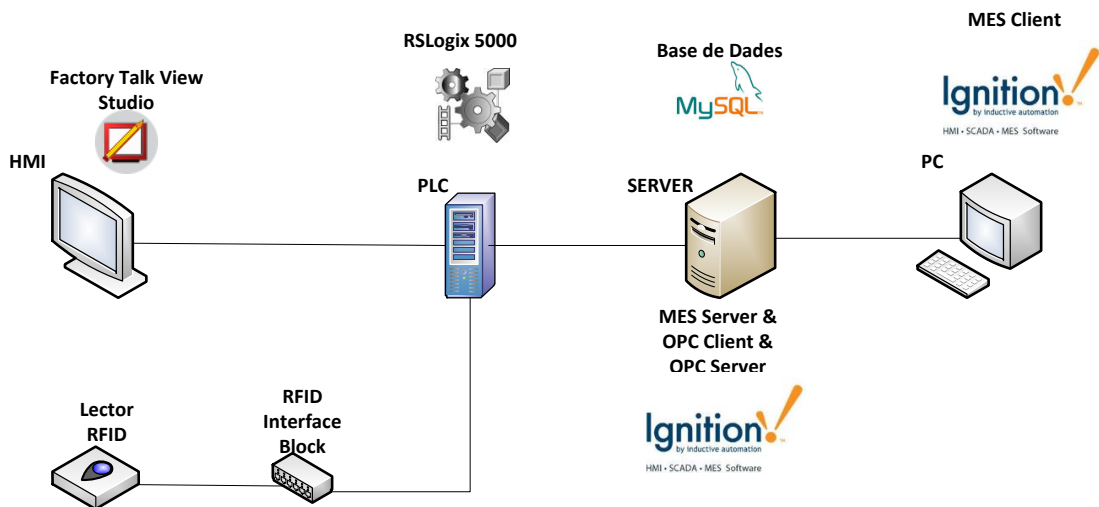


Figura 25. Arquitectura de hardware, software i comunicacions

8 Solució adoptada

8.1 Problemàtica de la solució

Com s'ha comentat anteriorment, comunicar els dispositius del sistema no suposa un obstacle de cara a la viabilitat tècnica (veure Annex de Configuració del software i les comunicacions), però l'ús de totes les tecnologies emprades fins ara, tant hardware com software, per aconseguir gestionar la informació i adequar-les al procés és una tasca que encara queda pendent d'esclarir si es podrà fer.

Així doncs, el punt clau per a garantir que es podrà realitzar aquesta gestió és saber si es podrà adquirir i mostrar tota la informació que es necessita per a cada una de les etapes.

La pantalla HMI, el software MES i el lector RFID són els tres elements que aporten informació al sistema, però només la pantalla i el software MES la mostren o als operaris o a direcció. El software MES ja està preparat per analitzar i treballar amb informació recopilada de camp, així que es considera menys rellevant de determinar la viabilitat. En conseqüència, és la pantalla HMI la que constitueix el camí crític. Seguidament es mostrarà les solucions empreses per a cada un dels softwares, i en concret, per a el camí crític esmentat.

8.2 Solució adoptada a la base de dades

Com que és una base de dades relacional que es farà amb SQL, el primer que s'ha hagut de fer és identificar les entitats i les relacions que tenen aquestes entre si. A la Figura 26. Esquema Entitat – Relació part I i a la Figura 27. Esquema Entitat - Relació part II es mostra el resultat obtingut després de fer-ho.

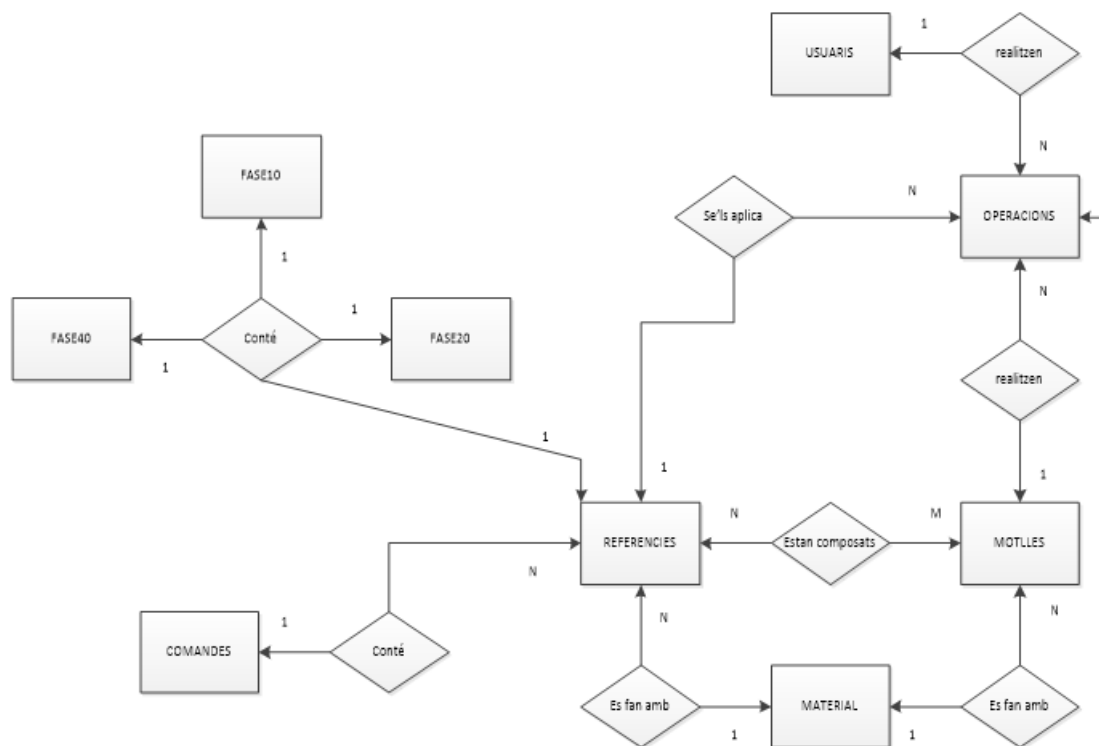


Figura 26. Esquema Entitat – Relació part I

Per arribar a la solució definitiva que es mostra a la Figura 26. Esquema Entitat – Relació part I i a la Figura 27. Esquema Entitat - Relació part II, s'ha hagut de plantejar quines eren les entitats que calien ser descrites. En primer lloc s'ha definit les entitats comandes, referències i materials ja que l'equip directiu tenia aquesta mateixa necessitat fins ara d'emmagatzemar aquesta informació. Les comandes estan constituïdes de referències. I les referències es fan amb diversos tipus de materials. Després, com que es volia fer un control sobre el motlle s'ha definit aquesta entitat. Aquesta entitat es relaciona amb el material per tenir el control del que està compostat. A més, una necessitat clara era poder allotjar totes les accions que feien els operaris a planta, així doncs es decideix crear les entitats operacions i usuaris. La entitat operacions estarà lligada a motlles ja que a vegades s'opera amb motlles, però també estarà lligada a referències ja que les vegades que no s'operi amb el motlle es faran operacions amb la tipologia de peça (referència). La entitat usuari està lligada a operacions per identificar qui a fet la operació.

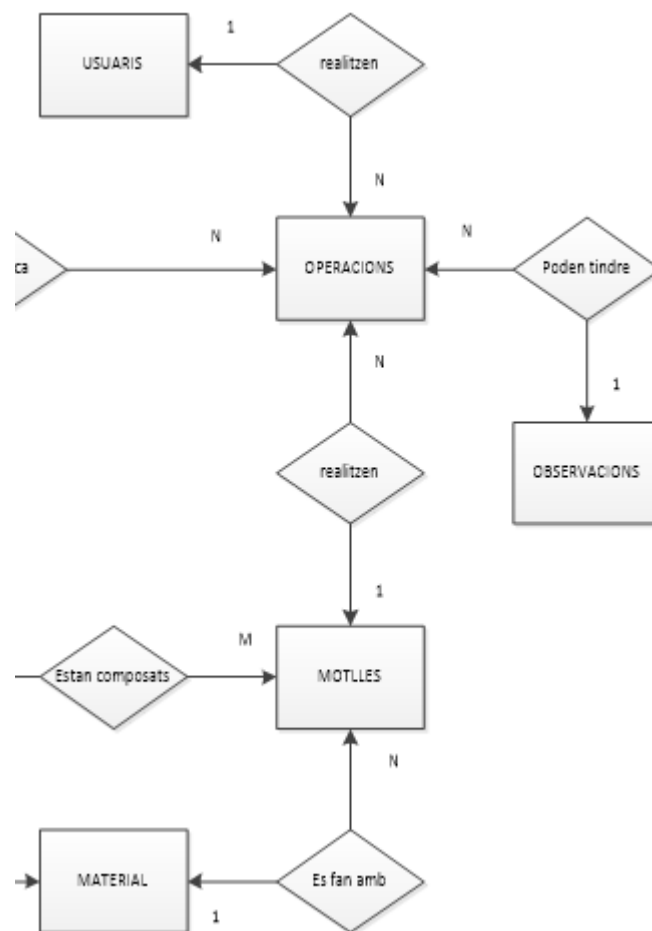


Figura 27. Esquema Entitat - Relació part II

A partir d'aquí es defineixen les relacions. Entre comanda i referència del tipus 1:N ja que una comanda està constituïda de referències, i aquestes referències només poden constituir una comanda. Referència i material tenen una relació N:1 ja que una referència està constituïda d'un material però aquest material pot ser usat per a varies referències. Referència i motlle tenen una relació N:M ja que una referència pot ser reproduïda en varis motlles ja que aquests es fan malbé, i a la vegada aquests motlles poden contenir varies referències a la vegada. Referència i operacions té una relació 1:N ja que a una referència se li poden aplicar moltes operacions però una operació només pot ser aplicada per una referència. Com que els motlles poden estar formats per varis tipus de referències, quan a aquests se'ls hi aplica una operació se'ls hi aplica a les referències a la vegada. Aquest fet farà que les operacions per motlle es registrin a partir de la relació entre motlle i operació del tipus 1:N. Comprensiblement és així degut a que un motlle pot realitzar moltes operacions però aquella determinada operació només pot ser feta per a un motlle.

S'ha cregut convenient incloure tres entitats per poder tenir el control de les peces per a les fases que no operen amb tag RFID. Tot i poder pensar que amb la entitat operacions ja no caldria definir aquestes entitats s'ha demostrat que no es pot comprovar ja que hi hauria dos tipus de problemes. El primer és la dificultat a l'hora de fer les lectures per a que sortissin unes dades coherents ja que hi hauria d'haver molts tractament de dades per determinar si les peces estan bé o malament. El segon, el fet d'operar amb referències i motlles a la vegada ja que com un motlle pot contenir moltes referències i que cadascuna pot contenir moltes unitats fa que sigui complicada la extracció.

Finalment, per a la entitat operacions, que és la que enregistra totes les operacions realitzades pels operaris, s'ha relacionat amb la entitat usuari amb la relació N:1 ja que un operari registrar varies operacions però cadascuna d'aquestes només pot ser registrada per un operari. També es registren els comentaris del operaris per a cada operació amb relació 1:N ja que una observació pot ser registrada a varies operacions però no pot haver varies observacions per operació.

Les entitats comandes, referències i material que s'observen a la Figura 26. Esquema Entitat – Relació part I, contindran les dades necessàries per a la producció. Les entitats fase10, fase20 i fase40 permetran enregistrar en quina etapa del procés estan les peces per a cada referència. En la entitat motlle es guardarà informació referent a aquest com pot ser l'ús o el nombre de referències que conté. La entitat operacions registrarà tota etapa realitzada per un operari per a qualsevol de les etapes. Les entitats usuaris i observacions seran omplertes amb els valors base i a partir d'aquell moment s'anirà actualitzant per part de direcció.

Un cop fet el esquema Entitat – Relació s'ha de transformar al model relacional, que concreta quins camps que defineixen cada una de les entitats i les relacions (veure Figura 28. Model Relacional).

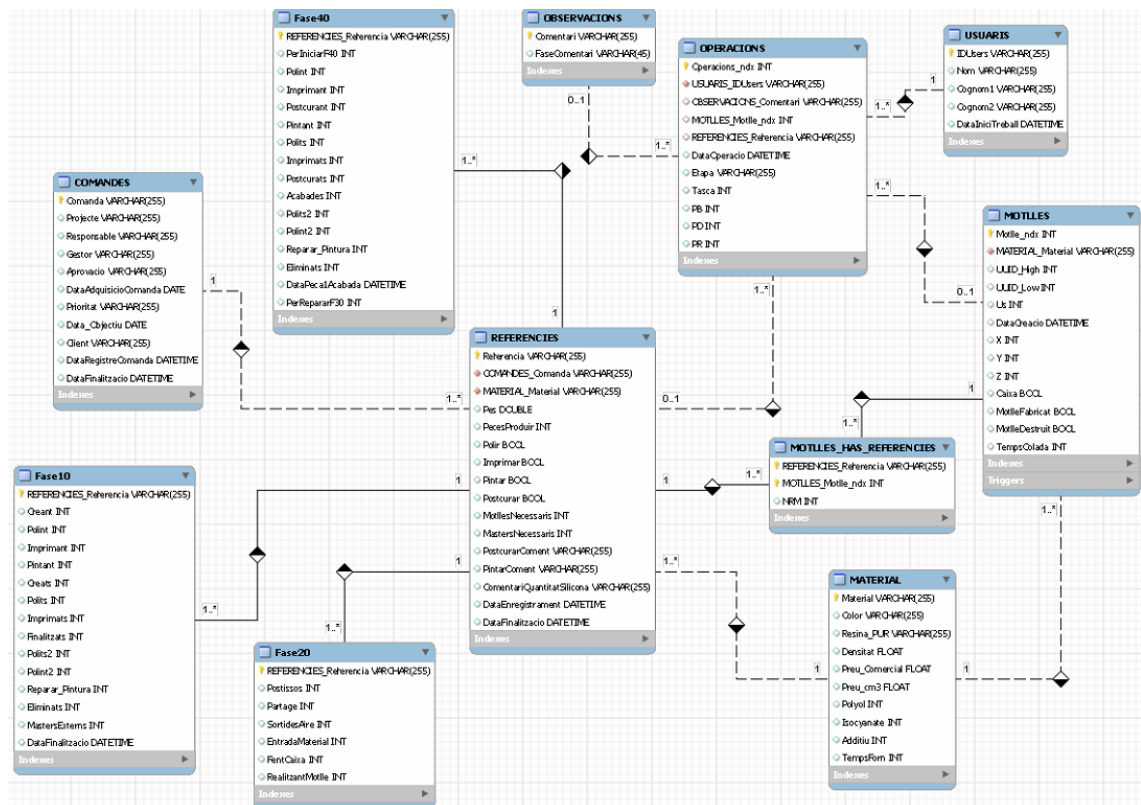


Figura 28. Model Relacional

Com que l'estructura és bastant gran, s'ha cregut necessari afegir la Figura 29. Model Relacional ampliat 1 i la Figura 30. Model relacional ampliat 2 per poder mostrar amb claredat els atributs que conté cada entitat.

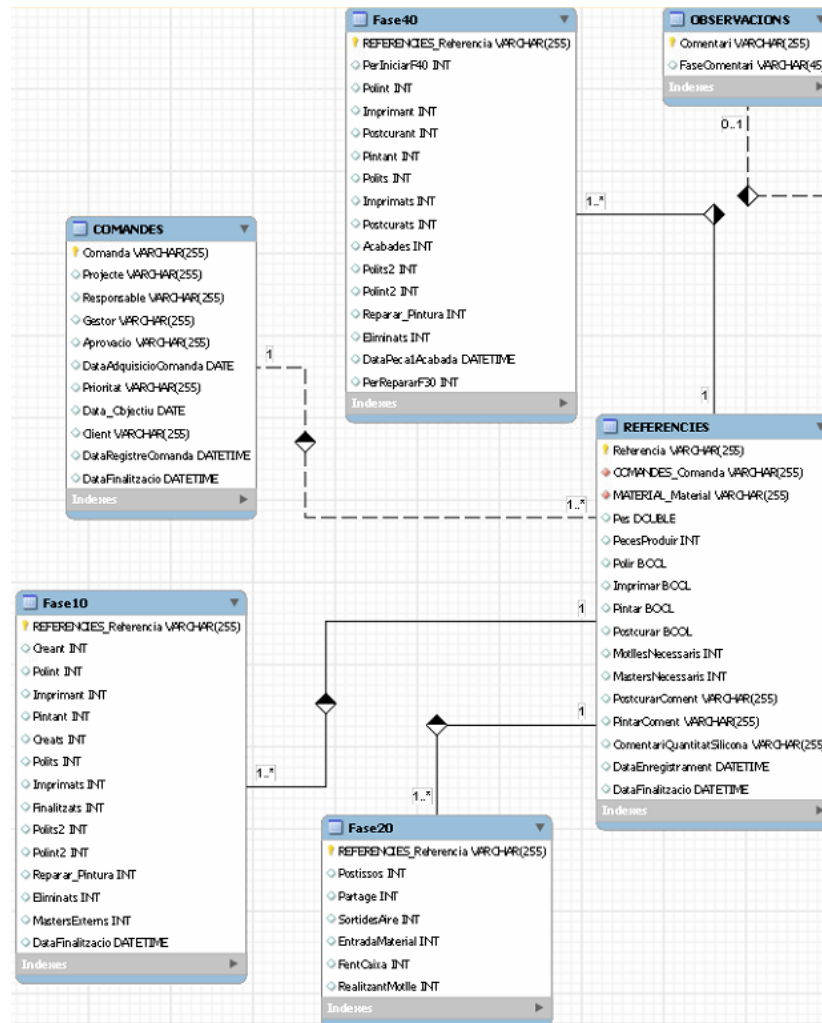


Figura 29. Model Relacional ampliada 1

Els atributs que conté la entitat comandes són els mateixos que s'usaven en paper. Per a l'entitat referències s'ha decidit ampliar els atributs inicials. Ara caldrà especificar les tasques a fer, és a dir, si cal polir, imprimir, pintar o postcurar. També s'haurà d'indicar el nombre de motlles i màsters que s'ha de crear per la referència. Altres atributs a posar són els comentaris que es mostrarà per la pantalla HMI als operari del postcurat, pintat i de la quantitat de silicona. Les entitats fase10, fase20 i fase30 representen les fases de creació del màster, la fase de creació del motlle i la fase d'acabat de peces respectivament. Els atributs que hi haurà en aquestes entitats representen les etapes (sense tags RFID) que han de fer els operaris. Cal destacar que a més hi haurà per la primera i la última fase uns atributs per comptabilitzar les peces que han sortit malament o que es poden tornar a recuperar tractant-les.

Els materials utilitzats són una combinació percentual entre tres materials: polyol, isocyanate i additiu. La entitat material contindrà els mateixos atributs que tenia inicialment més aquests tres paràmetres esmentats anteriorment. També

inclourà el temps de forn que triga el material en fer-se rígid. De tal manera que es podrà optimitzar els temps de producció.

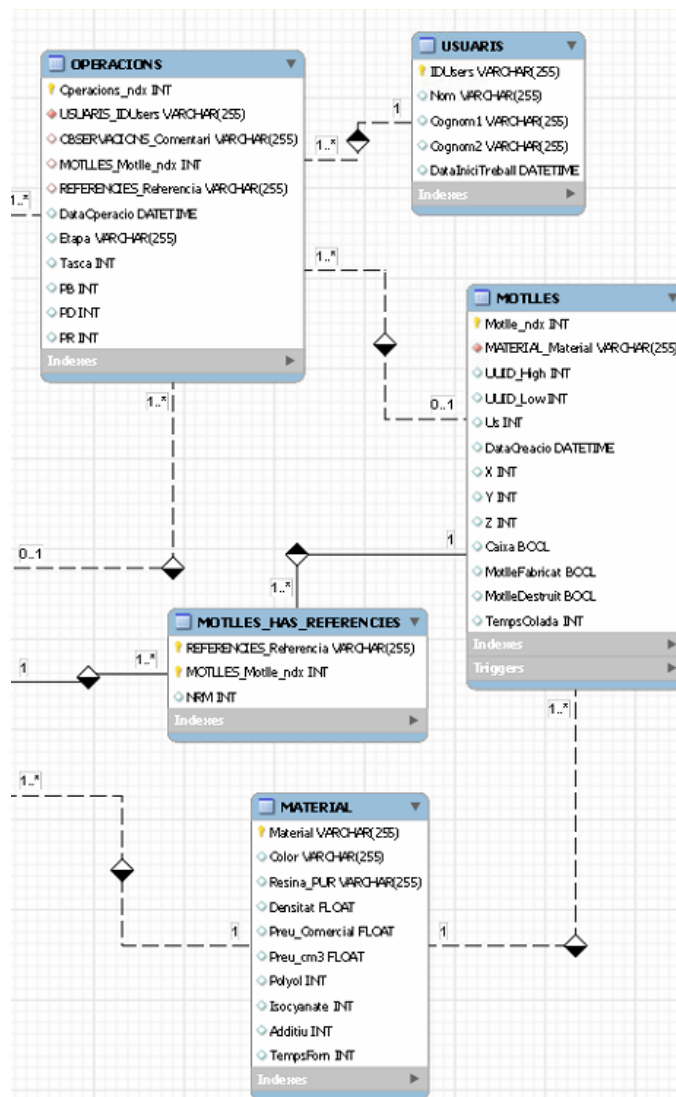


Figura 30. Model relacional ampliament 2

Per a determinar els atributs de la entitat motlle s'ha hagut de pensar una manera per poder identificar en tot moments els motlles. Els tags RFID són vàlids, però no servien d'identificadors universals ja que quan el motlle es fes malbé s'haurien d'extreure i posar a un altre motlle. Si féssim això hauríem d'eliminar la informació del motlle destruït de la base de dades, cosa que ens reduiria la informació que es té del procés. Així doncs, s'ha decidit posar un comptador incremental, l'atribut motlle_ndx, que per cada motlle que es creï l'identifiqui amb el número de fila que li correspon. Els camps UUID_high i UUID_low identifiquen la tag RFID, i ens serviran per obtenir la informació del motlle mentre està al circuit de producció. Quan aquest l'abandoni se li posarà una etiqueta amb un identificador del camp motlle_ndx.

S'ha de tenir present que la vinculació i desvinculació de les tag RFID al motlle és un punt clau ja que per limitacions econòmiques només s'ha comprat 20 tags RFID, però es conserven molts més motlles, al voltant de 50. Així doncs, hi haurà la vinculació d'una tag RFID al motlle quan aquest es creï, i durant el període d'usabilitat fins a obtindrà les peces necessàries que vol el client. Però un cop s'aconsegueixi s'haurà de desvincular la tag per deixar-la operativa per a la creació d'altres motlles. Aquest fet suposa moltes dificultats ja que no es podrà identificar un motlle per la seva tag, cosa que interessa per determinar la vida útil del motlle.

El motlle, s'emmagatzemarà, no es llençarà. S'identificarà amb una etiqueta que ens permetrà saber en tot moment tota la informació precedent d'aquell motlle. Aquest fet es produeix degut a que el client pot demanar produir més peces del tipus que conté el motlle, i per tal d'estalviar temps i costos de fabricació es conserva el motlle fins al final de la seva vida útil. En el moment que aquest vulgui tornar a ser usat haurà de tornar-se a vincular a una tag RFID, que no tindrà per que ser la mateixa que tenia abans, ja que s'eliminarà els valors dels registres de UUID_High i UUID_Low.

Altres atributs importants per la entitat motlle són l'ús, les dimensions x, y i z, el temps de colada, la data de creació del motlle, i l'identificador de si el motlle s'ha fabricat o encara està pendent, l'identificador de si el motlle ha estat destruït o l'identificador de si ja te caixa estructural creada.

Dels usuaris identifiquem el seu nom, el seus cognoms, la data d'inici de treball i el seu identificador al sistema.

De les observacions identifiquem un atribut de descripció i un altre identificador de la fase a la que s'ha de mostrar aquella observació.

Com en tota relació N:M, de la relació entre motlles i referències, hi apareix una nova entitat que permetrà identificar els elements conjunts de la relació. A aquesta relació se li afegeix l'atribut NRM (nombre de referències per motlle) que identificarà el nombre de referències que contindrà el motlle. Per entendre-ho amb més claredat, es posa un exemple: si un motlle 1 conté les referències A, B i C, i un altre motlle 2 conté les referències A, B i D. Si féssim la lectura per referència tipus A no podríem saber de quin motlle parlem. Per tant, per poder fer la lectura haurem d'indicar l'identificador de motlle i l'identificador de referència. L'atribut NRM permet saber quantes referències del tipus A conté el motlle 2.

Finalment, la entitat operacions contindrà els atributs data i hora de realització de la operació, el quantificador d'operació que permetrà saber quin número d'operació s'ha fet, l'identificador d'etapa que s'ha realitzat sense tag RFID i amb

tag RFID (etapa i tasca respectivament) i els quantificador de peces correctes, incorrectes o a reparar.

Els atributs amb un símbol groc a l'esquerra a la Figura 28. Model Relacional, la Figura 29. Model Relacional ampliat 1 i la Figura 30. Model relacional ampliat 2 són els identificadors únics de la taula i per tant no podran repetir el seu valor en cap més fila. Aquests són anomenats *primary keys*. Tots els atributs que tenen un símbol de color vermell són atributs que apareixen amb les relacions 1:N entre les entitats i que permeten per tant lligar unes taules amb unes altres. Aquests atributs s'anomenen *foreign keys*.

Per a aquests hi ha de dos tipus, els que són *Not Null*, el que significa que quan introdueixis una nova fila no pots introduir un valor en blanc per a aquest atribut i els que poden ser nulls que són els que si que poden contindre un valor buit. Els *foreign keys null* mostren el seu símbol exempt de color per dins. Els *foreign keys not null* el símbol és completament vermell per dins. A l'hora d'inserir dades s'ha de començar per aquelles taules que no tenen cap atribut de *foreign key* o que l'atribut *foreign key* és del tipus *null*.

8.3 Solució adoptada a la HMI i lector RFID

En primer lloc, esmentar les funcionalitats que es poden programar per la HMI no estan dissenyades per poder fer una aplicació que funcioni de forma similar a una pàgina web. Tot i així, el software de disseny permet evadir aquestes mancances.

Una limitació important és la de mostrar cadenes de caràcters (strings) per la pantalla HMI. La funcionalitat que et deixa mostrar i seleccionar una tupla de cadenes de caràcters no et retorna de per si el valor de la cadena de caràcters sinó que et retorna una valor. Aquest valor s'enviarà al PLC a on s'interpretarà i es traduirà per acabar obtenint la cadena de caràcters que ha seleccionat l'operari. Aquesta solució s'haurà d'aplicar tant per quan l'operari hagi de seleccionar la comanda, com la referència, com alguna de les observacions, entre d'altres com seleccionar el nombre de referències que contindrà un motlle que es vol fabricar. A la Figura 31. Propietats d'estat del Piloted List Selector i a la Figura 32. Vinculació de variables amb el PLC pel Piloted List Selectores mostra els paràmetres de configuració de la funcionalitat que et permet interpretar aquestes accions.

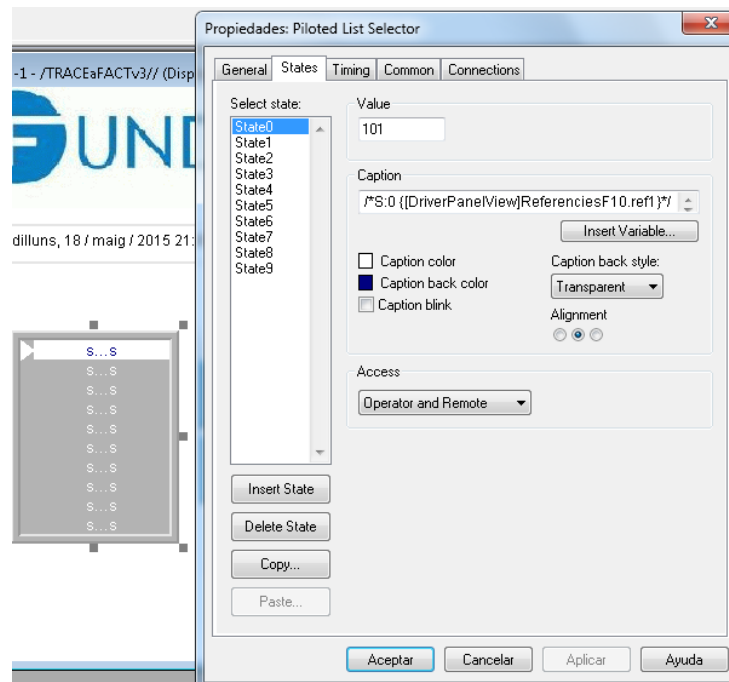


Figura 31. Propietats d'estat del Piloted List Selector

Un punt clau pel projecte és el funcionament de la HMI i el lector RFID en cada una de les fases en les que operen.

Pel que respecta a mostrar la informació als operaris a través de la pantalla HMI es considera que no hi haurà cap mena de problema ja que aquesta informació es pot transmetre mitjançant dades internes del PLC, i per tant no suposarà un problema mostrar-les sempre i quan hi hagi prou espai a la memòria.

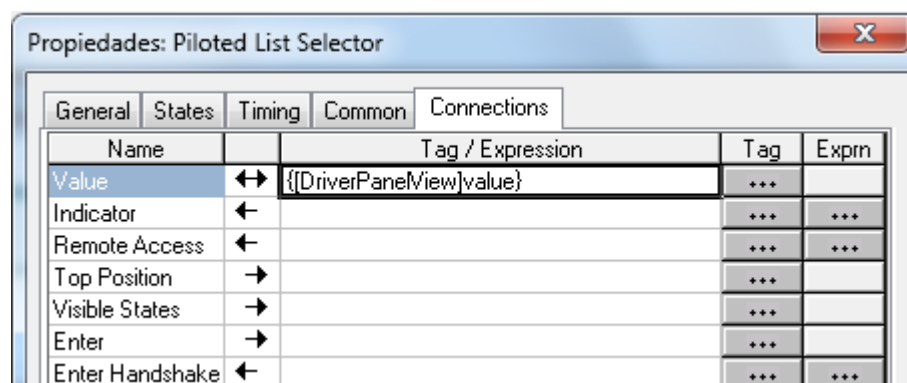


Figura 32. Vinculació de variables amb el PLC pel Piloted List Selector

Les opcions de fabricació estaran limitades a 10 comandes i 4 referències per aquella comanda. L'accés a una fase que estigui acabada no serà possible ja que no es mostrarà la opció a la llista de comandes o referències. Les etapes o funcionalitats que no s'hagin de realitzar per a una referència s'ocultaran per tal de limitar l'error de l'operari. Per tant, cada vegada que seleccioni una opció, hi

haurà un flux d'informació de la pantalla al PLC, del PLC al MES i del MES a la Base de dades. I com es d'esperar, es farà el tractament de dades i es tornarà a fer e camí invers per traspasar la informació necessària. També hi haurà funcions de programació a les pantalles de la HMI per limitar l'accés o mostrar una millor visualització, en el sentit que sigui més còmode a l'operari.

8.3.1 Operativitat a la fase de creació de màsters.

A la fase de creació de màsters només hi intervindrà l'ús de la pantalla per indicar la fabricació de cada etapa.

Inicialment l'operari haurà d'indicar el seu usuari, després haurà d'anar al MENU i seleccionar MASTER. Un cop allà, haurà de seleccionar la comanda i la referència a les que vol aplicar la acció. Si vol, tindrà la opció de consultar la producció d'aquella fase per a la referència seleccionada. Després, haurà d'indicar si vol fer observacions. En qualsevol dels dos casos, a continuació haurà d'indicar la acció que vol fer, el nombre de peces per aquella acció i confirmar la mateixa. Veure Annex Usabilitat pantalla HMI per entendre gràficament la usabilitat de les pantalles amb les que haurà d'operar l'operari.

8.3.2 Operativitat a la fase de creació de motlles

En aquesta fase hi ha tres possibles escenaris. El primer, que són les accions de fer el partage, les sortides d'aire, les entrades de material i els postissos. El segon, que és fer la vinculació de la tag RFID amb la caixa estructural, i el tercer, que és la operativitat des del moment que s'aboca la silicona fins que està el motlle preparat per iniciar la fase següent.

En primera instància l'operari haurà d'indicar el seu usuari, després haurà de clicar a la opció MENU. Allà haurà de seleccionar la opció MOTLLE, indicar si té alguna observació, en cas afirmatiu se li mostrarà una taula de les observacions previstes per a aquesta fase i en la que haurà d'escollir. En cas que no s'indiqui el contrari la funció que apareixerà a posteriori de fer les observacions serà la mateixa que si no es fan observacions. Després haurà de seleccionar la opció les opcions de partage, sortides d'aire, postissos i entrada de material. A continuació haurà d'indicar la comanda i la referència de la que vol fer ho ha fet la acció. Seguidament haurà de seleccionar la acció pertinent (partage, sortides d'aire, postissos, entrada de material). Finalment, indicar el nombre de màsters d'aquella referència en els que vol aplicar la acció i acabar confirmant.

En segona instància l'operari haurà d'indicar el seu usuari de funcionament al sistema. Seguidament haurà de clicar la opció d'anar al MENU a on haurà de seleccionar el botó MOTLLE. Llavors haurà d'indicar si vol fer alguna observació. Després, haurà d'indicar CREAR CAIXA ESTRUCTURAL, marcar el número de referències que contindrà el motlle, indicar la comanda, indicar les referències pertinents, indicar el nombre de màsters per les referències seleccionades,

indicar les dimensions X, Y i Z de la caixa estructural, marcar el temps de colada del motlle, confirmar tots els paràmetres establerts anteriorment o modificar-los i finalment validar el registrament de la caixa estructural passant una *tag RFID* fins que ens mostri confirmació i la quantitat de silicona que ha de contenir el motlle.

D'aquesta manera es registrarà a la base de dades un nou motlle que estarà vinculat a la *UUID_High* i *UUID_Low*. Quan acabi la seva vida útil o quan es pretengui emmagatzemar es desvincularà aquests dos camps del camp que identifica al motlle de la base de dades, fent així que la informació sempre es conservi.

En última instància, l'operari haurà d'anar apropant el motlle al lector RFID i, mitjançant la pantalla HMI se li anirà guiant en les accions que ha de realitzar, o bé, en una sèrie de pantalles que permetran obtenir informació sobre el procés.

8.3.3 Operativitat a la fase de creació de peces

Tot i ser una fase en la que s'utilitzen les tags RFID l'operari haurà d'indicar el pas d'una etapa a una altre en alguns casos.

L'operativitat de l'operari en aquesta fase seguirà la mateixa tònica que amb les altres. Primerament haurà de seleccionar el usuari i anar al menú. Després seleccionar COLADA. Recordar que com que les etapes s'emmagatzemen a la *tag RFID* li desapareixeran les opcions que no corresponguin a aquella etapa. Un cop fet això haurà de seleccionar la única acció que se li mostrarà.

8.3.4 Operativitat a la fase d'acabat de peces

En aquesta fase s'operarà d'una forma similar a la primera fase. L'operari haurà d'introduir el usuari i seleccionar que se li mostri el menú. Allà haurà de seleccionar ACABAT PECES. Se li demanarà que indiqui la comanda i la referència. Podrà seleccionar que se li mostrin les dades de producció. Després haurà d'indicar si vol fer alguna observació i, finalment indicar i confirmar la acció a fer juntament amb el nombre d'unitats per les que vol fer la acció.

8.3.5 Operativitat d'altres funcions rellevants

Hi ha dues funcions rellevants. La primera és mostrar la informació del motlle i la segona es tornar a usar un motlle que esta al magatzem, és a dir, un motlle que no té tag RFID associada.

Així doncs, pel primer cas, l'operari haurà de registrar-se amb el seu usuari. Passar el motlle que conté la tag RFID pel lector. Seleccionar la opció LECTURA, que farà una consulta a la informació d'aquell motlle a base de dades i finalment clicar al botó INFO MOTLLE. Un cop en aquest punt, li apareixerà la informació fraccionada en dues pantalles. Per moure's entre les dues tindrà dos botons per anar endavant i endarrere.

Pel segon cas, l'operari haurà de registrar-se amb el seu usuari. Passar una tag RFID que no estigui associada a un motlle. Després, haurà de seleccionar la opció INTRODUIR MOTLLE MAGATZEM, que el durà a una pantalla nova en la que haurà de seleccionar USAR MOTLLE MAGATZEM. Seguidament es mostrarà la pantalla que es mostra a la Figura 33. Pantalla introducció tag RFID a motlle provinent de magatzem, que permetrà introduir el número identificador que se li havia assignat al extreure-li la tag RFID anterior. Finalment, un cop introduït el número identificador, haurà de clicar al botó UNIR PEÇA – MOTLLE i esperar a que desaparegui el nom d'usuari, que com en les altres accions, és la senyal que mostra a l'operari que ja s'ha acabat d'enregistrar. Si en algun moment l'operari apartés la tag RFID se li mostraria el missatge "TAG NO PRESENT".

Figura 33. Pantalla introducció tag RFID a motlle provinent de magatzem

8.4 Solució adoptada al PLC

La solució que es pretén aconseguir és una solució integrada, és a dir, en la que tots els dispositius i els seus respectius softwares han de poder funcionar en sincronia, la solució que s'ha mostrat en tot l'apartat 8.1 ha de poder operar amb el codi que corre sobre el PLC.

En conseqüència s'ha optat per a que el PLC tingui una estructura i governi per a aquelles etapes en les que s'operi amb les *tags RFID*. Per fer-ho, s'ha establert una programació LADDER basada en un GRAFCET. Per a les altres etapes el PLC farà la funció de convertir els valors entrats en valors que després seran

fàcilment llegibles per l'operari a la HMI, però no estaran regides per aquest GRAFCET, sinó que seran funcions que sempre es podran córrer. I a més, el PLC brindarà la funció de pont d'informació entre la HMI i el sistema MES.

Degut a que és un GRAFCET bastant horitzontal s'ha decidit mostrar-lo en dues figures, la Figura 34. GRAFCET I i la Figura 35. GRAFCET II.

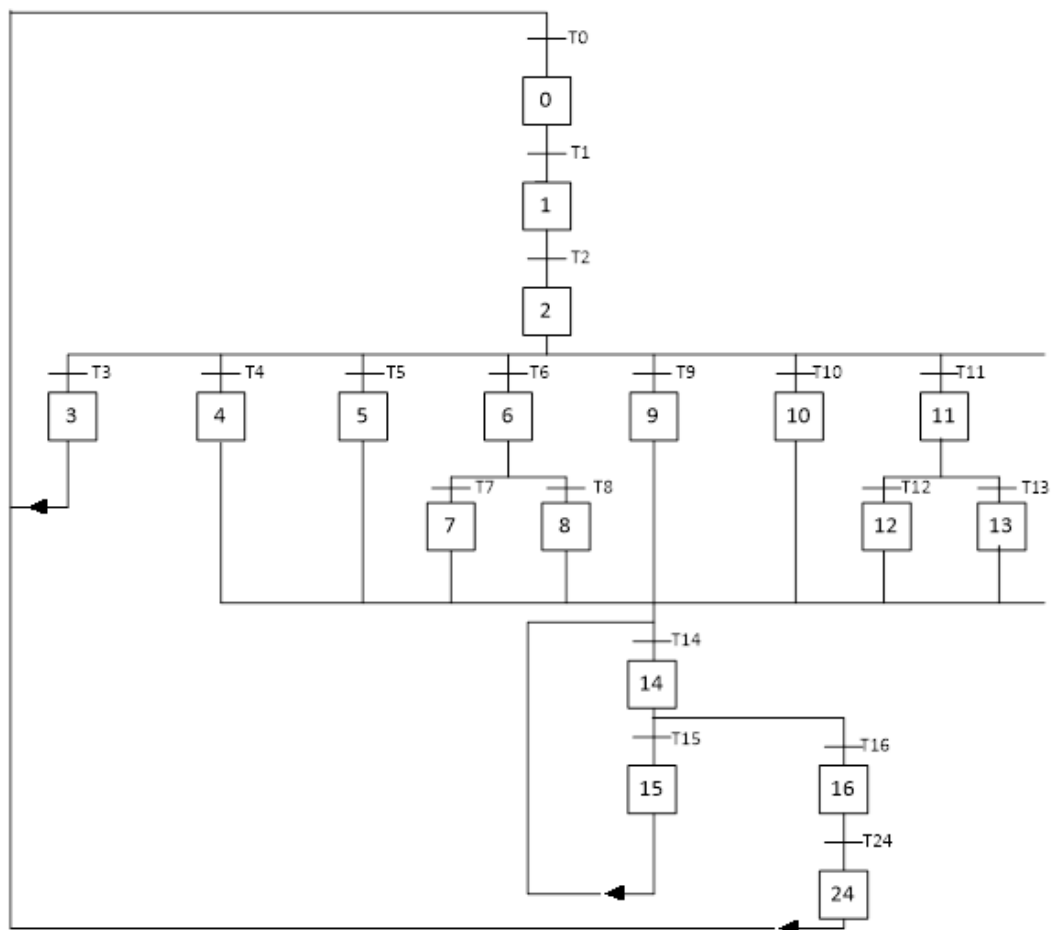


Figura 34. GRAFCET I

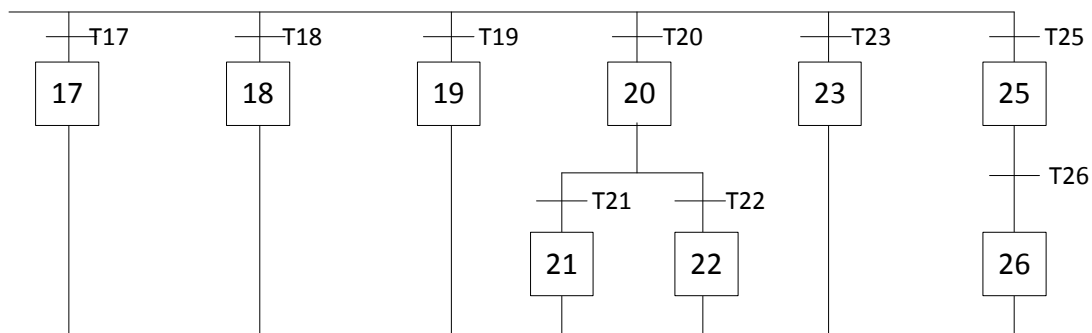


Figura 35. GRAFCET II

A continuació es detalla cada etapa i cada transició:

Etales:

- E0: Repòs
- E1: Lectura UUID i de la etapa que ha de fer el motlle.
- E2: Selecció operació: Lectura o realitzar etapa
- E3: Lectura de paràmetres a base de dades referents al motlle
- E4: Tractar Motlle
- E5: Colada de material
- E6: Avaluació colada
- E7: Colada correcte
- E8: Colada incorrecte
- E9: Finalitzar Forn OK
- E10: Finalitzar Forn NOK
- E11: Avaluar producció
- E12: Motlle incorrecte
- E13: Motlle correcte
- E14: Comprovar Escriptura
- E15: Tornar a escriure
- E16: Escriptura a base de dades
- E17: Registrar Motlle
- E18: Colada Silicona
- E19: Finalitzar Colada Silicona
- E20: Avaluar Motlle
- E21: Motlle OK
- E22: Motlle NOK
- E23: Motlle Finalitzat
- E24: Retirar motlle
- E25: Usar Motlle Magatzem I
- E26: Usar Motlle Magatzem II

Transicions:

- T0: Tag RFID no detectada
- T1: Detecció de tag RFID
- T2: Lectura UUID feta correctament, lectura de l'etapa de la tag RFID i usuari seleccionat.
- T3: Selecció de lectura d'informació del motlle
- T4: Realitzar una etapa, lectura de la etapa tractar motlle i selecció del botó de la pantalla HMI iniciar tractament del motlle
- T5: Realitzar una etapa, lectura de la etapa colada i selecció del botó de la pantalla HMI fer colada petita o gran

- T6: Realitzar una etapa, lectura de la etapa avaluar colada
- T7: Selecció del botó de la pantalla HMI Colada Bé
- T8: Selecció del botó de la pantalla HMI Colada Malament
- T9: Realitzar una etapa, lectura de la etapa finalitzar repòs al forn bé
- T10: Realitzar una etapa, lectura de la etapa finalitzar repòs al forn malament
- T11: Realitzar una etapa, lectura de la etapa avaluar producció
- T12: Selecció motlle nou
- T13: Selecció mateix motlle
- T14: Escriptura a la RFID Finalitzada.
- T15: Comprovació d'escriptura finalitzada i escriptura incorrecta
- T16: Comprovació d'escriptura finalitzada i escriptura correcta
- T17: Realitzar una etapa, lectura de la etapa registrar caixa estructural i selecció del botó de la pantalla HMI confirmar valors
- T18: Realitzar una etapa i lectura de la etapa iniciar colada silicona
- T19: Realitzar una etapa i lectura de la etapa finalitzar colada silicona
- T20: Realitzar una etapa, lectura de la etapa avaluar motlle
- T21: Selecció del botó de la pantalla HMI motlle OK i botó de confirmació
- T22: Selecció del botó de la pantalla HMI motlle NOK i botó de confirmació
- T23: Realitzar una etapa i lectura de la etapa motlle finalitzat.
- T24: Escriptura a la base de dades feta
- T25: Lectura de la etapa registrar caixa estructural i selecció del botó de la pantalla HMI Motlle magatzem
- T26: Selecció del botó de la pantalla HMI unir tag RFID amb motlle

Interpretant el GRAFCET, s'observa que la etapa 0 és la inicial, i en la que el sistema està en repòs. Després, el programa avança a l'etapa 1 si es detecta una tag RFID, a on es llegeixen els valors de UUID_High, UUID_Low i un valor inequívoc que correspon a la etapa que pertocaria fer si l'operari volgués realitzar-la. Un cop s'hagin complert aquestes lectures i l'operari hagi introduït el seu usuari, el programa esperarà instruccions per part d'aquest indicant si vol realitzar la etapa esmentada o bé si només vol llegir la informació relativa al motlle.

En cas que sigui lectura se li mostrarà els paràmetres relatius a el motlle. En el moment que aparti la tag RFID el programa tornarà a córrer la etapa de repòs.

Si tria "Acció, que és el nom que se li ha assignat al botó de voler realitzar una etapa, sense retirar la tag RFID o en el seu defecte el motlle, llavors a l'operari

se li mostra la opció de etapa que ha de realitzar. I ell només ha d'indicar el seu inici o paràmetres com la màquina que està usant, o si el motlle està correcte, entre d'altres.

En les etapes 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 es procedeix a analitzar les opcions que dona l'operari a través de la pantalla i un cop processades a escriure el valor numèric de la següent etapa que li pertoca fer al motlle, de tal manera en que quan es torni a apropar la tag RFID aquesta guiï a l'operari a la acció a realitzar.

Un cop s'ha fet la escriptura, es passa a una fase de comprovació d'aquesta. Això és fa degut a que el fet de retirar el motlle molt ràpidament podria provocar un rebot en la lectura i podria tornar a escriure uns valors de forma incompleta. (Fet comprovat empíricament). També, podria succeir un fallida en les comunicacions entre el lector RFID i la tag RFID fent que no es guardes el valor apropiat.

Així doncs, un cop acabada la comprovació, si el resultat de la comprovació determina que la escriptura és incorrecta, és torna a la etapa 15 a on es sobreescriu el valor que s'havia escrit anteriorment, on un cop s'hagi escrit es tornarà a comprovar i així fins que el valor escrit sigui correcte. En aquest últim cas, es passarà a l'etapa de programa d'escriptura de la informació específica a la base de dades. Quan ja s'hagi escrit es passarà a una etapa en la que s'esborraran els valors emprats durant les etapes. D'entre ells el valor que conté el camp usuari, que al desaparèixer el valor a la pantalla HMI, indicarà a l'operari que ja pot retirar el motlle i iniciar la operació requerida.

Finalment, el programa tornaria a la etapa 0 de repòs a on esperaria a noves accions per part dels operaris.

Com s'ha comentat, totes les accions necessitaran de corroboració per pantalla per part de l'operari ja que, per una banda, permet fer una lectura de la informació que conté el motlle sense que s'avanci d'etapa, cosa que permet tenir controlat en tot moment que és el que ha de fer o el que s'ha fet amb aquell motlle. I per altre banda, evita possibles conflictes d'avançar d'etapa de forma involuntària al passar el motlle per davant del lector.

A les etapes en les que no s'operi amb les tags RFID el PLC operará en dos sentits diferent. El primer serà per interpretar quina acció ha seleccionat l'operari ja sigui convertir el numero de selecció de la comanda a un valor d'una cadena de caràcters. I el segon és de d'adquirir tots els valors necessaris per poder passar la informació aigües en amunt cap al sistema MES. Aquestes accions podrà ser dutes a terme en tot moment en el PLC, és a dir que no estarà limitades per cap transició.

8.5 Solució adoptada al sistema MES

En el cas del MES s'han hagut d'adoptar múltiples vies per obtenir una solució que integrés les múltiples funcions que es volia realitzar, ja que el MES és el software que treballa o gestiona més informació. En conseqüència, s'ha dividit les solucions en cinc tipus que es mostren a continuació:

- Adquirir els valors de les variables que corren sobre el PLC
- Adquirir els valors de producció que entrin els directius de línia i mostrar-los.
- Fer la escriptura dels valors que provenen del PLC sobre la base de dades en els moments requerits.
- Fer la lectura dels valors de producció enregistrats a la base de dades per mostrar-los a direcció
- Fer la lectura dels valors enregistrats per mostrar-los als operaris.

8.5.1 Adquirir els valors de les variables que corren sobre el PLC

Per a la primera solució, adquirir els valors de les variables que corren sobre el PLC, en primer moment s'ha hagut de configurar l'OPC Server, que en aquest cas farà la funció el mateix software tal i com s'ha comentat anteriorment. Un cop s'ha configurat l'OPC Server s'ha hagut d'agafar les variables del OPC Server i convertir-les en variables utilitzables al MES. Així doncs, per fer-ho més simple d'entendre, s'ha decidit mostrar un seguit de figures que ajudin a la comprensió del procediment.

Quan s'entra al Ignition!, a la part esquerra una llista de carpetes i tags tal i com s'observa a la Figura 36. Carpetes de variables MES.

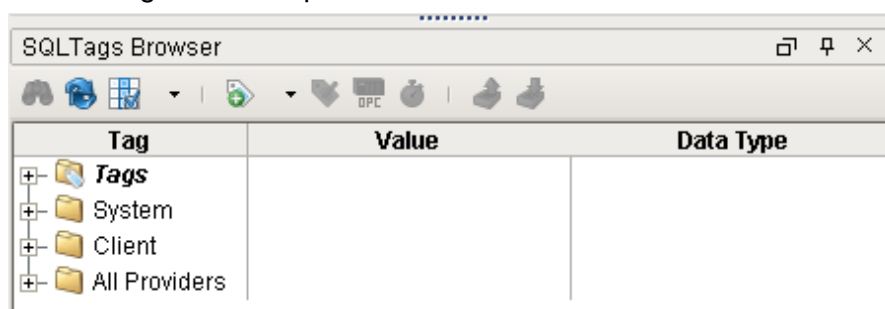


Figura 36. Carpetes de variables MES

Aquestes són les tags pròpies del MES. Per incorporar les variables del OPC Server com a variables pròpies del MES s'ha de seleccionar una carpeta i després clicar al botó OPC que es mostra a la Figura 37. Carpetes de variables i variables del MES.

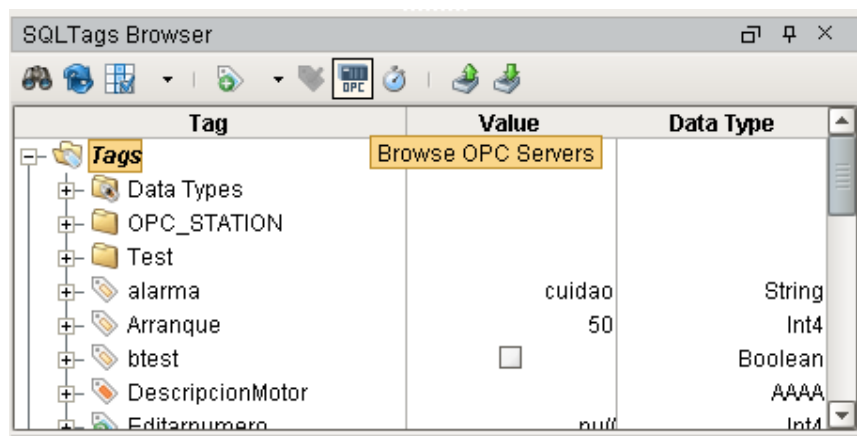


Figura 37. Carpets de variables i variables del MES

Al clicar apareixen les connexions amb els diversos OPC Servers connectats a l'OPC Client Ignition! tal i com es mostra a la Figura 38. OPC Browser amb les connexions OPC Servers definides. Així doncs, només s'ha de seleccionar i arrossegar la carpeta que conté les variables del PLC fins a una de les carpetes que es mostren a la Figura 36. Carpets de variables MES

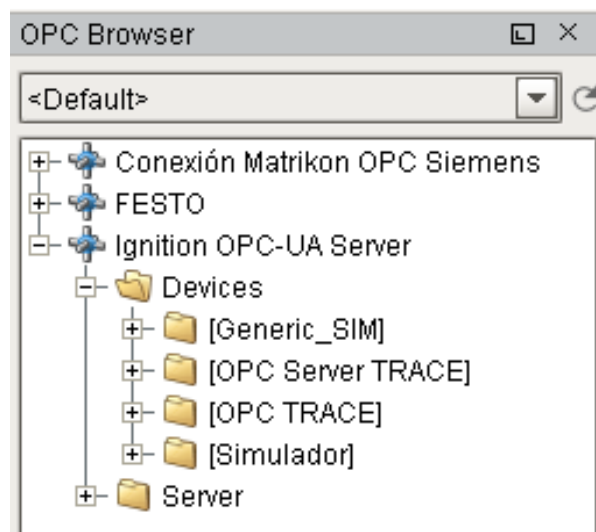


Figura 38. OPC Browser amb les connexions OPC Servers definides

8.5.2 Adquirir els valors de producció que entrin els directius de línia i mostrar-los.

Per a la segona solució, d'adquirir els valors de producció que entrin els directius de línia i mostrar-los, s'ha fet pròpiament una interfície de MES en la que es pot seleccionar mitjançant pestanyes les opcions d'introducció d'informació o ordres de fabricació al sistema.

A la Figura 39. Interfície del MES usada pels directius. Registrar Usuaris. es mostra una pantalla d'exemple de la solució adoptada. Veure Annex Visualització de pantalles dels directius per entendre amb claredat totes les

pantalles amb els paràmetres de configuració d'aquestes. En aquesta pantalla s'observen paràmetres generals comuns en les altres pestanyes com que hi ha un botó d'enregistrament, un botó d'esborrar, unes caselles per omplir la informació i una taula en que es mostra la informació llegida de la base de dades per al camp seleccionat (operaris).

IDUsers	Nom	Cognom1	Cognom2	DataIniciTreball
Pau	Pau	Catala	Calderon	de gen. 20, 2015 12:58 PM

Figura 39. Interfície del MES usada pels directius. Registrar Usuaris.

8.5.3 Fer la escriptura dels valors que provenen del PLC sobre la base de dades en els moments requerits.

Per a la tercera solució, fer la escriptura dels valors que provenen del PLC sobre la base de dades en els moments requerits, es podria haver utilitzat la funcionalitat d'enregistrar a base de dades, *Transaction Groups*, que té el software Ignition!, però com tota funcionalitat, té limitacions ja que no et permet registrar informació quan l'esdeveniment que marca l'enregistrament són el canvi d'estat de varies variables. Per tant, s'ha optat per escriure el codi que enregistrarà a la base de dades en una altra funcionalitat que té Ignition! que es diu Event Script que es mostra a la Figura 40. Funcionalitats pròpies del software Ignition.

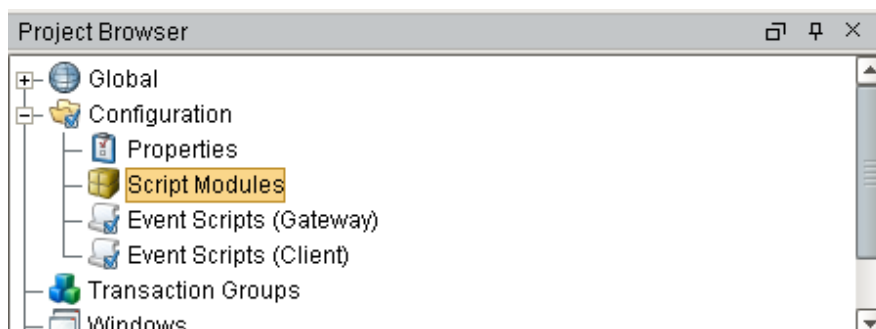


Figura 40. Funcionalitats pròpies del software Ignition.

En totes les solucions adoptades que es detallen a l'apartat 8.5 s'ha d'utilitzar la funcionalitat dels Event Scripts ja sigui per llegir o per escriure. A continuació, per entendre millor la manera en que es fa aquesta escriptura, es mostren i s'expliquen unes línies de codi usades per emmagatzemar les dades, que provenen del PLC, a la base de dades mitjançant el software MES.

En primer lloc, un cop seleccionada la opció Event Script, es va haver de seleccionar el tipus de scripting que es volia (veure Figura 41. Event Script Gateway. Selecció del tipus d'script). És a dir, si el codi havia de córrer cada n període de temps, si havia de córrer quan s'iniciava o s'apagava l'aplicació o bé quan es produïa un canvi de valor en una variable. En el cas que s'explicarà representa un scripting de canvi de variable (Tag Change).

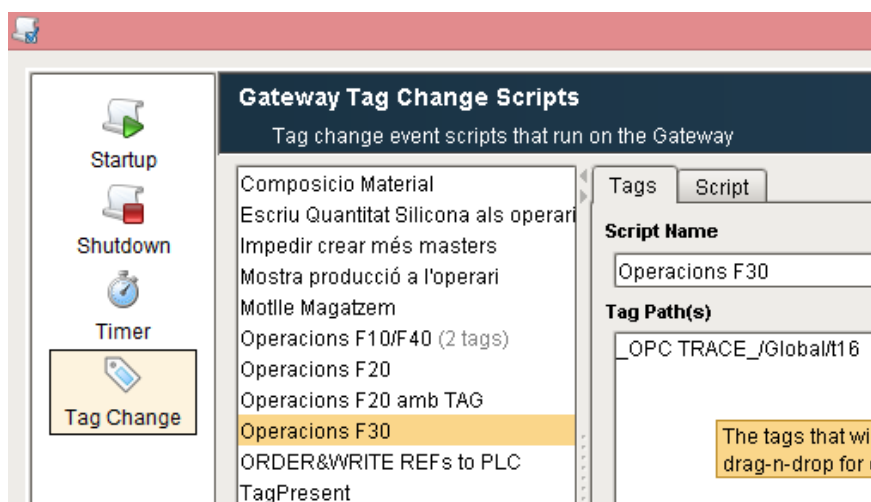


Figura 41. Event Script Gateway. Selecció del tipus d'script

Al seleccionar el tipus apareix un llistat de scriptings que hi ha per al tipus *Tag Change*. Per fer l'exemple s'escull el scripting *Operacions F30*, que és l'encarregat de guardar la informació de les etapes que es produeixen a la fase de creació de peces a partir de motlles de silicona. Apareixen dues pestanyes, en la primera s'haurà de posar la variable que quan canviï activarà el script. En la segona serà a on s'haurà d'introduir el codi de programació desitjat.

A la Figura 42. Scripting Operacions F30 part I s'observa com les tres primeres línies es defineix el sistema. Posteriorment, s'emmagatzema en variables del Event Script el valor de les variables de PLC necessàries per fer l'enregistrament.

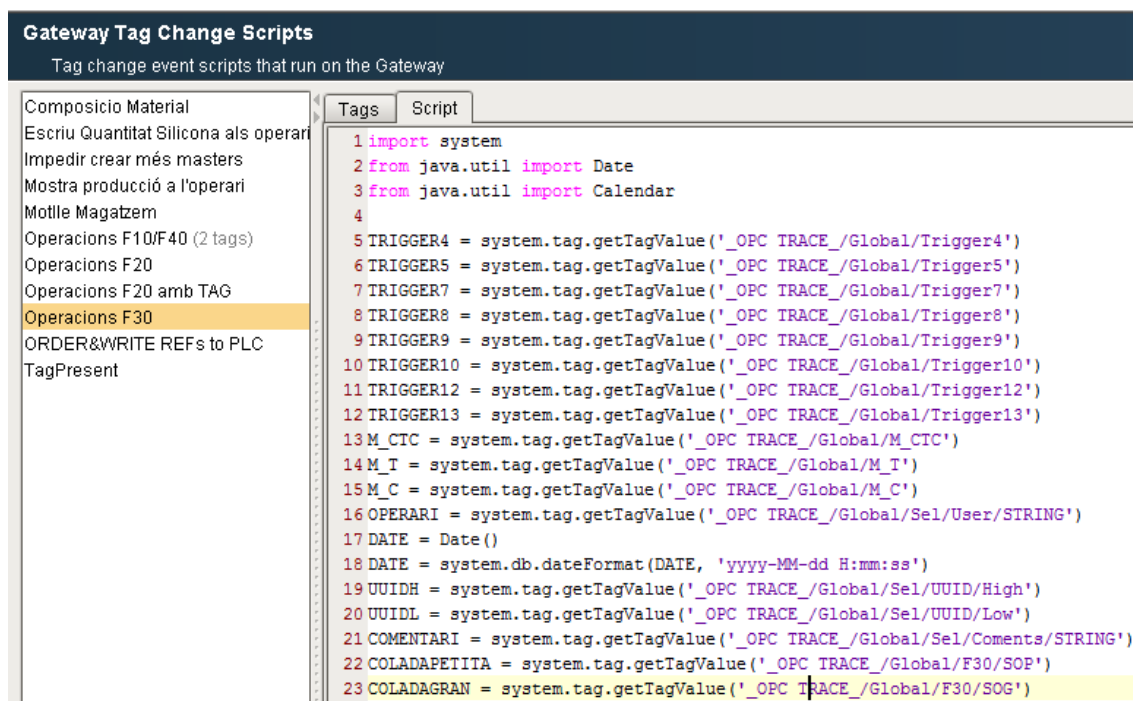


Figura 42. Scripting Operacions F30 part I

A continuació, com es veu a la Figura 43. Scripting Operacions F30 part II, es fa la lògica de programació que permetrà identificar quina és la etapa que s'ha activat per poder emmagatzemar la informació a la base de dades.

```

25 if UUIDH != 0:
26     MOTLLE_NDX = system.db.runQuery(
27         |SELECT Motlle_ndx FROM MOTLLES WHERE UUID_High = '%s' AND UUID_Low = '%s' % (UUIDH, UUIDL), 'TRACE')
28 else:
29     pass
30
31 if TRIGGER4 == True:
32     ETAPA = "Tractament del Motlle"
33     system.db.runUpdateQuery("INSERT INTO OPERACIONS (USUARIS_IDUsers, MOTLLES_Motlle_ndx, DataOperacio, Etapa)
34     VALUES ('%s','%s','%s','%s') % (OPERARI, MOTLLE_NDX[0][0], DATE, ETAPA), 'TRACE')
35     system.tag.writeToTag('_OPC TRACE_/Global/WDBD', '1')
36
37 elif TRIGGER5 == True:
38     if COLADAPETITA == True:
39         ETAPA = "Inici Colada Petita"
40         system.db.runUpdateQuery("INSERT INTO OPERACIONS (USUARIS_IDUsers, MOTLLES_Motlle_ndx, DataOperacio, Etapa)
41         VALUES ('%s','%s','%s','%s') % (OPERARI, MOTLLE_NDX[0][0], DATE, ETAPA), 'TRACE')
42     elif COLADAGRAN == True:
43         ETAPA = "Inici Colada Gran"
44         system.db.runUpdateQuery("INSERT INTO OPERACIONS (USUARIS_IDUsers, MOTLLES_Motlle_ndx, DataOperacio, Etapa)
45         VALUES ('%s','%s','%s','%s') % (OPERARI, MOTLLE_NDX[0][0], DATE, ETAPA), 'TRACE')

```

Figura 43. Scripting Operacions F30 part II

8.5.4 Fer la lectura dels valors de producció enregistrats a la base de dades per mostrar-los a direcció

Per a la quarta solució, fer la lectura dels valors de producció enregistrats a la base de dades per mostrar-los a direcció, s'ha decidit dissenyar unes pantalles, com la que es mostra a la Figura 44. Interfície MES que mostra l'estat de la producció de la fase 40 per a la comanda C1 i la referència R3, en les que no només es mostren els valors de la base de dades directament sinó que també es fan uns càlculs com pot ser el *lead time*. A més, com ja s'ha comentat anteriorment, com que el procés de producció depèn del tipus de peça que es vol fer se li mostraran només aquells registres que tinguin sentit per cada referència.

The interface displays the following data:

COMANDA:	REFERÈNCIA:	FASE:
C1	R3	40

PECES FINALITZADES F30	
1	

Momentary Button	

POLINT	
0	

POLITS	
0	

POSTCURANT	
0	

POSTCURATS	
0	

IMPRIMANT	
0	

IMPRIMATS	
0	

PINTANT	
0	

REPARAR	
0	

POLINT (2ª vegada)	
0	

POLITS (2ª vegada)	
0	

ELIMINATS	
0	

FINALITZATS	
0	

PENDENTS DE FABRICAR	
0	

SETMANES	DIES	HORES	MIN
0	0	0	0

Figura 44. Interfície MES que mostra l'estat de la producció de la fase 40 per a la comanda C1 i la referència R3

8.5.5 Fer la lectura dels valors enregistrats per mostrar-los als operaris.

Finalment, la última solució, fer la lectura dels valors enregistrats per mostrar-los als operaris, s'ha realitzat mitjançant codi. Quan els operaris seleccionen la referència sobre la que treballaran es fa una lectura a la base de dades per saber els valors de producció per a aquella referència. Quan s'ha fet la lectura es copien els resultats a unes variables del PLC, que aquestes a la vegada es mostren per la pantalla HMI.

8.6 Integració de la solució adoptada

Per acabar d'entendre com actuarà el sistema s'exposa a continuació fer el seguiment del camí a recórrer per la informació per al correcte funcionament del sistema.

Es suposarà un cas simple en que l'operari ha d'indicar quantes peces ha polit, és a dir, que es suposa un cas operatiu de la fase d'acabat de peces.

El primer pas seria introduir la comanda que ha fet el client, amb totes les dades necessàries per poder produir, per tant, s'haurà d'introduir les dades de la referència o referències que conté aquella comanda, i en cas necessari, introduir un nou material. El usuari i les observacions es suposa que ja estan registrades.

Un cop ja estiguin registrades a la base de dades, hi ha un script que corre sobre el Ignition (MES) de forma periòdica que llegeix els valors de la base de dades i els tracta. Aquest tractament es per poder simplificar el funcionament als operaris. Per exemple, el que s'ha fet en el cas de les comandes o les referències és identificar en quines fases encara estan pendents d'operar, és a dir, si una comanda o una referència ja estan acabades les peces que demana el client no es mostraran enlloc o bé, si una referència només li queden peces per fer l'acabat només es mostrarà a la última de les fases, evitant així que l'operari pugui indicar al sistema que es generarà un motlle amb una referència que no li pertoca.

Un cop s'han tractat, es sobreescrueixen aquestes dades a unes variables del OPC Server i aquest, a la vegada, les sobreescrueix a sobre d'unes altres que corren al PLC. Un cop el PLC fa un cicle d'scan, la pantalla adquireix els valors, tot i que encara no els mostri per pantalla.

L'operari, selecciona el seu usuari, i selecciona la acció de la fase d'acabat de peces fins al punt en que ha de seleccionar la comanda. Quan arriba a aquell punt, com ja s'ha comentat, només pot escollir aquelles comandes disponibles per a la fase corresponent. Al seleccionar s'envia un codi al PLC que es tradueix i s'envia aigües en amunt direcció a MES, a on posteriorment es fa una consulta a la base de dades de les referències disponibles per a aquella comanda. Un cop es té el resultat, es torna a operar igual que amb la comanda, es sobreescrueixen els valors a les variables del OPC Server i aquest les sobreescrueix al PLC, d'on la pantalla les torna a llegir al passar un cicle d'scan i les mostra a l'operari. Per adquirir ordre de magnitud, totes aquestes operacions com a màxim triguen 2s pel cas més desfavorable.

L'operari selecciona la referència desitjada, i en aquell moment pot triar entre dues opcions. La primera és visualitzar la informació de producció per a aquella referència. I la segona és indicar selecciona la etapa que vol realitzar.

En cas que sigui la primera esmentada, en el moment en que es selecciona la referència el PLC adquireix el valor i aquest és agafat per l'OPC Server que li traspassa al MES, a on hi ha un script que consultarà a la base de dades la informació de les fases. Un cop obtinguda, es farà el mateix, es traspassarà aigua avall cap al OPC Server i d'aquest cap al PLC i posteriorment cap a la pantalla HMI.

Abans de passar a seleccionar la etapa que ha fet sempre serà a temps de canviar de referència i tornar a consultar la seva producció.

En cas que l'operari seleccioni la etapa, per posar l'exemple, de polit, primerament haurà d'indicar a quantes peces li vol aplicar aquesta etapa i posteriorment prémer el botó de confirmació que enviarà les dades aigües en amunt cap al MES, a on un script farà la escriptura a la entitat operacions amb totes aquelles dades rellevants com poden ser l'identificador d'usuari, la etapa, el nombre de peces, la referència i comanda seleccionades, entre d'altres.

A més, no tant sols es farà un registre de dades a la entitat operacions, també s'actualitzarà altres camps com el nombre de peces polides per a la referència en qüestió. Un cop enregistrat, s'esborrarà totes les dades seleccionades, incloent l'identificador d'usuari, que és el paràmetre que permetrà a l'operari saber que s'ha enregistrat correctament.

Aquest és el funcionament habitual de la majoria de casos, tot i que hi hagi casos en que, com és normal, és molt més complex. Un exemple d'aquests casos és quan s'acaba la producció de peces d'una referència o una comanda, cosa que produeix que s'hagi d'enregistrar la finalització de la producció, cosa que implica més càlculs i més operacions, però en general, és un cas en el que es mostra la complexitat del flux d'informació i de la integració entre els diversos dispositius i softwares del sistema, a més de la coordinació que té aquest amb que hi actuen sobre ell (operaris i directius).

Finalment, un cop està registrada la operació, si els directius volen saber com està la producció per a aquella referència, hauran d'anar a la pestanya de producció *real time*, seleccionar la comanda, la referència i la fase. Donar al botó de *refresh*, i automàticament se li mostraran els valors de la producció.

Un punt determinant és el d'ocultar aquelles etapes que no tenen rellevància per a la referència que han seleccionat. Això succeirà quan a una referència no se li hagin d'aplicar, per dir una d'exemple, la etapa de postcurat. Fent això és

simplifica la interpretació del procés per part dels directius per a cada una de les referències. Aquest fet, també se'ls hi aplica als operaris a la HMI tant a l'hora de visualitzar la producció com a l'hora de seleccionar les etapes que ha de realitzar.

Tornant al punt de mostreig dels valors en funció de la comanda, la referència i la fase seleccionades, les dades que es mostren són el resultat d'una consulta a la base de dades amb els paràmetres seleccionats que acabem d'esmentar. Per tant, es tindrà un script que retornarà aquells valors de producció.

9 Planificació

En aquest apartat es mostrarà la planificació que hi ha haver a l'hora de fer el projecte. Posteriorment es mostrarà els canvis de planificació que hi va anar havent i el definitiu.

Inicialment el projecte es va estimar en una durada de 8 mesos a 8h. Es van dividir les tasques en dos parts diferenciades, la de disseny i la d'implantació. A continuació es detallen les tasques de disseny. S'ha de tenir present que no es tenia coneixement de cap dels software o llenguatges de programació emprats.

- **Estudiar el procés:** Conèixer el procés i les necessitats del client.
- **Programar codi RSLogix 5000:** Programar el codi del PLC que gestionaria planta.
- **Comunicar HMI-PLC-RFID Transceiver:** Comunicar els elements de planta.
- **Dissenyar pantalles HMI:** Dissenyar i programar la aplicació que veurien els operaris.
- **Estructurar variables OPC Server:** Configurar OPC Server, OPC Client i posar en ordre les variables adquirides.
- **Dissenyar Base de Dades:** Crear una base de dades funcional pel projecte.
- **Dissenyar MES:** Dissenyar i programar la aplicació que veurien els directius de planta.
- **Comunicar Software:** Comunicar base de dades i MES.

Seguidament es mostren les tasques d'implantació:

- **Implementar als equips informàtics:** Traslladar els software als equips informàtics.
- **Implementar a planta pilot:** Traslladar i posar a punt el sistema a planta.

		febr-14				març-14				abr-14					maig-14	
ETAPES	TASQUES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2
DISSENY																
	Estudiar el procés															
	Programar codi RLogix 5000															
	Comunicar HMI-PLC-RFID Transceiver															
	Dissenyar pantalles HMI															
	Estructurar variables OPC Server															

Figura 45. Gantt inicial disseny part 1

Com es pot observar a la Figura 45. Gantt inicial disseny part 1 i Figura 46. Gantt inicial disseny part 2 es va preveure que les tasques que pertanyien a planta i a

direcció serien seqüencials. L'estudi del procés es va preveure en un mes de treball i a partir d'aquell moment es procediria a començar pel desenvolupament dels programes i dispositius de planta. Posteriorment es passaria al desenvolupament quasi en paral·lel dels programes de direcció i finalment s'implantaria.

		maig-14		juny-14				jul-14					ag-14	set-14				
ETAPES	TASQUES	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5		1	2	3	4	
DISSENY																		
	Dissenyar Base de Dades																	
	Dissenyar MES																	
	Comunicar Software																	

Figura 46. Gantt inicial disseny part 2

A la Figura 47. Gantt inicial implantació es pot observar la data d'implantació estava situada just després de tornar de vacances, ja que és una època vall en la producció.

		set-14	oct-14				
ETAPES	TASQUES	4	1	2	3	4	5
IMPLANTACIÓ							
	Implementació als equips informatics						
	Implementació a la planta pilot						

Figura 47. Gantt inicial implantació

La realitat ha estat bastant diferent. La seqüència ha estat semblant però degut a que els softwares havien d'estar integrats i els codis de programació havien de comunicar-se s'ha hagut de treballar amb més tasques en paral·lel i durant més temps, tot i que, per exemple, la tasca Programar codi RSLogix 5000 estigues acabada en un 90% dins del temps establert en el gantt inicial.

		febr-14				març-14				abr-14					maig-14				
ETAPES	TASQUES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	
DISSENY																			
	Estudiar el procés																		
	Programar codi RSLogix 5000																		
	Comunicar HMI-PLC-RFID Transceiver																		
	Dissenyar pantalles HMI																		
	Estructurar variables OPC Server																		
IMPLANTACIÓ																			
	Implementació als equips informatics																		

Figura 48. Gantt real part 1

Com es pot observar a la Figura 48. Gantt real part 1 i a la Figura 49. Gantt real part 2, s'ha hagut de parar en varies ocasions el projecte per realitzar altres afers per la mateixa Fundació CIM, fet que ha desquadrat per complet la previsió del projecte. La primera ocasió, per donar classes de base de dades als ocupacionals i, la segona, per ajudar a fer un primer traspàs de coneixement d'aquest projecte a les classes del màster PAIR.

A més, si es presta atenció a la Figura 49. Gantt real part 2, es veu que després d'agost, que representa el període de vacances, fins a principis de gener no hi ha representada cap tasca. Aquest fet va ser degut a la necessitat de la Fundació CIM, i més en concret del Màster PAIR, d'arrencar un nou projecte de cara al nou curs i a posteriori fer-li el seguiment.

Per tant, es va arrencar de nou el projecte a principis d'any i es va aconseguir establir un bon funcionament al final d'aquell mes. També, es pot veure que no hi ha un període d'implantació, ja que aquesta resta pendent. I tot apunta a que es farà la implantació en una època vella.

ETAPES	TASQUES	juny-14				jul-14					ag-14	gen-15			
		1	2	3	4	1	2	3	4	5		1	2	3	4
DISSENY															
	Estudiar el procés														
	Programar codi RSLogix 5000														
	Comunicar HMI-PLC-RFID Transceiver														
	Dissenyar pantalles HMI														
	Estructurar variables OPC Server														

Figura 49. Gantt real part 2

10 Possibles ampliacions o millores

- Tractar base de dades per extreure més KPIs:

Hi ha molts indicadors que no han estat calculats tot i que es contingui la informació a la base de dades, com és el cas del OEE.

- Fer la interfície d'usuari més segura i fiable:

Condicionar l'accés dels usuaris del sistema amb una contrasenya fàcil de posar per a no perdre temps indeguts.

- Externalitzar els scriptings del software MES per a donar fluïdesa a l'aplicació:

El temps d'operació del sistema és un punt rellevant en el correcte funcionament de l'aplicació. Fins al moment, s'ha treballat amb fluxos d'informació elevats que garanteixen el bon funcionament. Una manera de garantir encara més rapidesa seria fent corre els scriptings a un software que no fos l'Ignition. D'aquesta manera es reduiria la possibilitat de saturació d'aquest.

- Avisos un cop hagin transcorregut 6 mesos de que s'ha creat un motlle:

Creació de sistemes d'avisos per pantalla als directius en referència a la vida útil des motlles.

11 Conclusions

Aquest projecte ha sigut realitzat per millorar l'actual sistema gestió de la informació de la producció de la planta pilot de la Fundació CIM. Dotar als directius de la línia de fabricació de peces a partir de motlles de silicona una eina amb la que poder gestionar de forma còmoda, a temps real i, en la que podran fer lectures més acurades de la producció per millorar la productivitat i el procés de producció. A la vegada, utilitzar els coneixements obtinguts per millorar el màster PAIR que s'imparteix a la mateixa Fundació CIM.

Aquest projecte és una prova de l'evolució de la indústria al segle XXI ja que aquesta no té prou en produir, també és important tenir un control i un registre del que succeeix durant la producció per tal de fer un anàlisi sobre les dades i així poder aplicar una millora continua que a la llarga acabarà repercutint en els beneficis de les empreses. Així doncs, la Fundació CIM, com a centre de docència, de producció i de recerca, ha demostrat altre cop que per ser puntera s'ha d'innovar en projectes com aquests, que tot i ser una solució particular, aporta coneixements i experiència per a aplicacions similars, sobretot pel que fa a l'entorn de comunicacions industrials per a gestió de la informació.

Un factor a tenir present és la limitació que ha tingut aquest projecte en quant a les temperatures de treball ja que han influït considerablement en l'elecció dels dispositius de control i han provocat un increment del cost del projecte. Cosa que si no hagués estat així es podria haver considerat la opció de implementar la aplicació en hardware no industrial.

A l'actualitat, el projecte ja ha acabat la fase de disseny amb una funcionalitat contrastada pels operaris i directius de la línia. Tot i tenir la capacitat d'enregistrament i de càlcul, no s'ha implementat tants KPIs com es pretenia a l'inici ja que la intenció és que funcioni durant un cert temps per avaluar-lo, per finalment acabar d'ajustar les necessitats. A més, pel que fa al màster, ja ha dotat de coneixement a les sessions tant de la promoció 2013/2014 com la 2014/2015.

12 Glossari

Atribut: En llenguatge SQL representa a un descriptor d'una entitat o taula. Posant un exemple:

USUARI és el nom de la entitat o taula. Però d'usuaris hi haurà de molts tipus. Si es vol diferenciar els uns dels altres s'haurà de definir una sèrie d'atributs que els defineixin com ara DNI, Telèfon, Nom, Cognom, Edat, Color dels ulls, alçada, etc.

Client: És aquell dispositiu que rep la informació del *Server* i que com a molt pot modificar algun dels seus camps.

Comanda: Conjunt de referències que demana un client.

Entitat: En llenguatge SQL és el que representaria a una taula que té un significat i uns descriptors.

Etapas: Modificació o operació rellevant més petita dins d'una fase. Indica la acció que s'ha d'aplicar al procés.

Exemple: Crear un màster és una fase. Per ferla fase 'crear el màster' es necessita fer un polit i un imprimat. Aquests subprocessos són les etapes.

Fase: Conjunt d'etapes o operacions seqüencials que marquen la consecució de la producció amb un sol element, ja sigui el màster, el motlle, o les peces.

Foreign key: Significa Clau Forànea. És un atribut que identifica la relació entre dues taules. Només apareix en les relacions 1:N, sent la taula amb la relació N en la que apareix aquest atribut forani. El atribut forani de la taula N és el atribut que fa de primary key (clau primaria) a la taula amb la relació 1.

GRAF CET: GRÀfic Funcional de Comandaments d'Etapas i Transició seria la traducció del francès. És un gràfic que permet seqüenciar les accions que han de succeir en un procés d'automatització indicant unes etapes, que representen les sortides i entrades que han d'estar actives, i les transicions, allò que marca l'impàs d'una etapa en una altra. Actualment, aquest tipus de gràfic s'ha convertit en un llenguatge de programació, però antigament es concebia com a esquema estructurat de funcionament.

Handshaking: És un terme anglosaxó utilitzat en el àmbit del flux de dades per indicar que una comunicació s'ha fet amb total garantia de traspàs de la informació.

HMI: Human Machine Interface. És una pantalla preparada per treballar a planta degut a la seva robustesa a suportar entorns robustos, per tant és d'ús habituals pels operaris de línia. És aquest mateix fet el que la diferencia de l'SCADA, en que les aplicacions que es poden fer estan pensades per actuar directament com a ordre al PLC i no com a visualitzador per interpretar el que està passant a la línia de producció.

KPI: És el acrònim de les paraules angleses *Key Performance Indicator* (indicador clau de rendiment). Com bé diu la paraula són indicadors de com està anant la empresa, però en aquest projecte només es tenen en compte aquells rellevants a la producció.

Lead Time: Temps que triga un producte des de la primera etapa fins que està totalment creat.

Lean Manufacturing: Filosofia de producció que pretén aplicar millores continues per reduir o eliminar els malbarataments que genera l'organització a l'hora de produir. Aplicar Lean a una empresa implica canvis culturals i organitzatius de la mateixa com la d'utilitzar tècniques per evitar errors en la producció o implementar polítiques de producció d'estoc mínim o la de reducció del temps de producció.

NoSQL: Not Only Structured Query Language. Llenguatge de programació de bases de dades. En aquest tipus de llenguatge no es necessita tenir una estructura de taules, i camps dins d'aquestes, definida. És un llenguatge pensat per a poder fer carregues d'informació molt més grans i ràpides, però al no estar tant estructurat pot arribar a ser menys fiable.

OEE: *Overall Equipment effectiveness*. És un indicador KPI del rendiment de la maquinaria. Es calcula de la següent manera:

$$OEE = Disponibilitat \cdot Rendiment \cdot Qualitat$$

On:

$$Disponibilitat = \frac{\text{Hores de funcionament de màquina}}{\text{Hores totals de màquina disponibles}}$$

$$Rendiment = \frac{N^{\circ} \text{ Peces que es fa en les hores de funcionament}}{\text{Màxim } n^{\circ} \text{ de peces que es podria fer en hores de funcionament}}$$

$$Qualitat = \frac{\text{Quantitat de peces fetes correctament}}{\text{Quantitat de peces fetes}}$$

OPC: OLE for Process Control. És un protocol de comunicació que permet comunicar dispositius de planta com un PLC amb sistemes operatius com

Windows o Linux. Normalment, aquest protocol de comunicació es fa córrer a través d'un software que es comunica amb els dispositius de planta i després ho tradueix per a que puguin entendre els sistemes operatius, i també a l'inrevés.

Open: Tecnologia sense drets d'autor, que tothom la pot usar.

Partage: Procés de posar cinta adhesiva al voltant del màster per a evitar malmetre el negatiu del motlle o el mateix màster a l'hora d'obrir el motlle.

PLC: Programable Logic Controller o Controlador Logic Programable. És un dispositiu de control programable que permet definir les accions que han de succeir a la línia de producció, és a dir, és l'encarregat d'activar els accionaments i de llegir el sensors per coordinar la producció. Està compostat d'una placa electrònica amb un microprocessador més robust del normal i un embolcall de plàstic que el cobreix. Es diferencia d'altres controladors per la seva capacitat de treballar en entorn industrials amb fiabilitat.

Pot ser programat en varis llenguatges de programació. El més conegut és el LADDER, que deriva de la lògica cablejada de circuits elèctrics.

Postcurat: Tractament que se li sotmet a les peces a rajos UVA, dins d'un forn especial, per obtenir característiques mecàniques òptimes.

Primary key: Significa Clau Primària. És un atribut que identifica inequívocament a una de les files de la entitat o taula a la que pertany l'atribut. Per tant, el valor que contingui per una fila no es podrà repetir per a qualsevol altra.

Rapid prototyping: Literalment significa prototipatge ràpid. Consisteix en produir un prototip de forma ràpida i barata per veure els defectes que pugui tenir i poder millorar a partir d'aquest. També és utilitzat per produir màsters (els positius) en la fabricació de motlles tant de silicona com d'alumini.

Referència: És una tipologia de peça única que té forma i dimensions diferents a qualsevol altre tipus de peça. Hi haurà una referència per a cada una de les diverses tipologies de peces diferents a crear.

Exemple: Si es requerís fer un bolígraf i aquest constés de dues parts, el tap i el cos del bolígraf.

El bolígraf en si representaria la comanda. El tap i el cos del bolígraf representarien les referències que componen el bolígraf.

Scripting: Codi de programació.

Server: És el dispositiu encarregat de gestionar les dades. La seva funció és enviar la informació juntament amb els valors dels camps definits als clients

(dispositius) que les demanin. També pot rebre una modificació en els valors de camp.

SQL: Structured Query Language. Llenguatge de programació de consultes a bases de dades estructurades. Aquest llenguatge està basat en la interrelació entre taules(entitats) d'informació a on cada una té com a mínim un element (atribut) que descriu característiques pròpies de la taula. És idoni per a emmagatzemar informació d'una forma estructurada, és a dir, amb un cert ordre.

La manera tant de crear, com escriure o llegir dades és mitjançant consultes, que per dir-ho d'una manera simple seria com línies de programació específiques del llenguatge.

Tag: És el nom anglès més comú per denominar una variable definida de programa.

Tag RFID: Representa una etiqueta o una fitxa que funciona amb la tecnologia RFID (Radio Frequency IDentification). Dins d'aquesta fitxa conté, principalment, un camp de memòria amb un identificador (UUID) no modificable que permet distingir una fitxa d'una altre. En funció del tipus de fitxa, pot contenir espai de memòria modificable externament.

Trigger: Esdeveniment que desencadena una escriptura a la base de dades.

UUID: Universal Unique Identifier. És un paràmetre propi no modificable de la memòria d'una tag RFID. Serveix per identificar la tag RFID i distingir-la de qualsevol altre. Aquest identificador, com que és un número molt elevat està compostat per dues variables, UUID_High i UUID_Low.

13 Bibliografia

Rockwell Automation, 2014. CompactLogix System datasheet, EthernetIP/Network Configuration user manual, Manual de usuario de Modulos de E/S digitales ControlLogix, manual de usuario de Controladores CompactLogix 5370, RSLinx Classic getting result guide, RFID Systems user manual. En línia a: <http://literature.rockwellautomation.com/>

Ignition User manual, 2014. En línia a: <https://support.inductiveautomation.com/index.php/?iaenhancements/UserManuals/Index>

Van Rossum, Guido. *An introduction to Python*. United Kingdom: Network theory limited, 2003.

I. Din, Akeel. *STRUCTURED QUERY LANGUAGE (SQL). A Practical Introduction*. Oxford: Blackwell, 1994

Kletti, Jürgen. *Manufacturing Execution System – MES*. Germany: Springer, 2007.

A. Boyer, Stuart. *SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition*. North Carolina: Instrument Society of America, 1999.

14 Agraïments

M'agradaria aprofitar per agrair a totes les persones que m'han ajudat tant a fer que aquest projecte es convertís en realitat com a aquelles persones que m'han donat suport durant ells meus anys de carrera.

En primer lloc, agrair a la Fundació CIM per confiar en mi i posar els recursos necessaris per dur a terme aquest projecte. També, m'agradaria agrair al Francesc Sabaté, project manager i màxim impulsor del projecte pel seu suport incondicional i per donar-me la oportunitat d'afrontar aquest repte. A més, agrair el suport del equip de Deploying Smart Factories, en concret a l'Àngel Fernández, el Luis Vicente i el Joan Garcia, per recolzar-me en aquells moments de desesperació en que veia que no funcionava.

M'agradaria mostrar el més sincer agraïment als meus companys d'enginyeria elèctrica i als meus companys d'enginyeria industrial ja que sense ells no hagués arribat a on sóc tant a nivell personal com professional.

I finalment, agrair al meu tutor de projecte, el Ramon Comasòlivas, per ser tant pacient i comprensiu amb les tasques que anava realitzant.

Índex

1 Configuració del software i les comunicacions.....	3
1.1 Configuració del RS Linx.....	3
1.2 Configuració del RS Logix 5000	4
1.3 Configuració comunicacions Factory Talk View Studio.....	6
1.4 Configuració del Ignition! com a OPC Server.....	9
1.5 Configuració de la comunicació entre Ignition! i la base de dades	10
2 Usabilitat pantalla HMI	3
3 Pantalles de visualització dels directius	3
3.1 Pantalles de gestió de la producció	3
3.2 Pantalles de producció RT (Real Time).....	7

Figures

Figura 1. Selecció del driver del programa RSLinx	3
Figura 2. Dispositius detectats a la xarxa Ethernet/IP del programa RSLinx	3
Figura 3. Configuració de projecte i hardware del RS Logix 5000	4
Figura 4. Configuració del path del programa RS Logix 5000	5
Figura 5. Creació d'un nou mòdul extern.....	5
Figura 6. Paràmetres de configuració del mòdul del lector RFID	6
Figura 7. Creació d'un nou projecte al Factory Talk View Studio	6
Figura 8. Llista desplegable de configuració del Factory Talk View Studio	7
Figura 9. Selecció del tipus de configuració de les comunicacions per a la HMI .	7
Figura 10. Configuració de les comunicacions de la HMI.....	8
Figura 11. Verificació de la configuració de la comunicació de la HMI.....	8
Figura 12. Finestra de creació de l'aplicació que correrà a la HMI.....	8
Figura 13. Configuració de la transferència de l'aplicació a la HMI	9
Figura 14. Selecció de configuració d'OPC Server.....	9
Figura 15. Selecció de la tipologia de dispositius per a la configuració del OPC Server	10
Figura 16. Selecció del driver de comunicació amb la base de dades.....	10
Figura 17. Assignació de propietats per a la comunicació entre base de dades i Ignition!	11
Figura 18. Pantalla inicial. Selecció d'usuaris.	3
Figura 19. Pantalla de selecció de MENU	4
Figura 20. Pantalla de selecció de fase.....	4

Figura 21. Pantalla de selecció de comanda	5
Figura 22. Pantalla de selecció de referència	6
Figura 23. Pantalla de visualització de l'estat de la producció.....	6
Figura 24. Pantalla de selecció de la necessitat d'observacions.....	7
Figura 25. Pantalla de selecció d'observacions	7
Figura 26. Pantalla de selecció d'etapa.....	8
Figura 27. Pantalla d'inserció d'informació i confirmació	8
Figura 28. Pantalla gestió de la producció. Pestanya Operaris	3
Figura 29. Pantalla gestió de la producció. Pestanya Material	4
Figura 30. Pantalla gestió de la producció. Pestanya Observacions.....	5
Figura 31. Pantalla gestió de la producció. Pestanya Referències	6
Figura 32. Pantalla gestió de la producció. Pestanya Comandes	6
Figura 33. Pantalla producció RT. Pestanya Estat de la producció.....	7
Figura 34. Pantalla producció RT. Pestanya operacions	8
Figura 35. Pantalla producció RT. Pestanya Dades interès	8

1 Configuració del software i les comunicacions

En aquest annex es mostrarà la forma de configurar els diversos softwares del sistema

1.1 Configuració del RS Linx

Per poder comunicar qualsevol dispositiu de Allen-Bradley prèviament s'ha de configurar un programa anomenat RS Linx. Aquest programa et permet detectar els elements de la mateixa marca hi ha a la xarxa.

Un cop obert el programa clicar a 'Add Driver'. Si s'ha fet correctament apareixerà la Figura 1. Selecció del driver del programa RSLinx, en la que s'ha de seleccionar el tipus de comunicació que s'ha establert entre dispositius. En aquest cas, es selecciona EtherNet/IP Driver, que automàticament et detecta tots els dispositius en xarxa Ethernet a la que estigui connectat el ordinador tal i com es mostra a la Figura 2. Dispositius detectats a la xarxa Ethernet/IP del programa RSLinx.

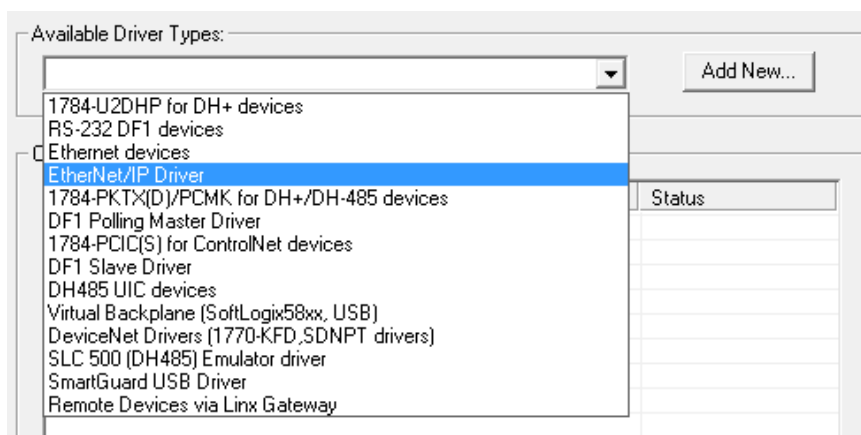


Figura 1. Selecció del driver del programa RSLinx

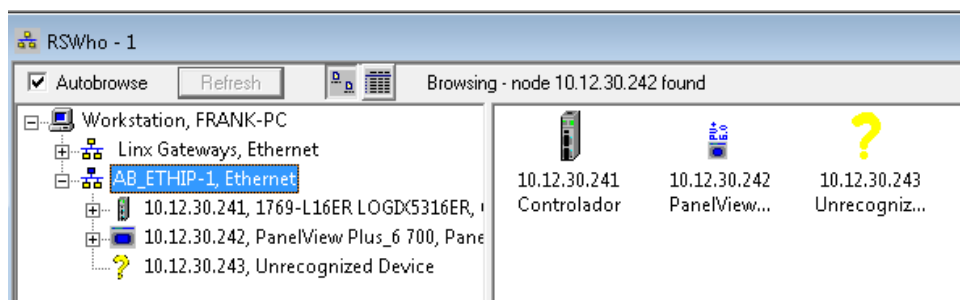


Figura 2. Dispositius detectats a la xarxa Ethernet/IP del programa RSLinx

1.2 Configuració del RS Logix 5000

A l'iniciar un nou projecte s'ha de configurar el hardware del PLC. En aquest cas, es busca el CompactLogix L16ER tal i com es mostra a la Figura 3. Configuració de projecte i hardware del RS Logix 5000. Com es un PLC compacte s'ha d'estipular que no te mòduls I/O d'expansió. A més, s'ha de definir a on es guardarà el projecte i el nom d'aquest.

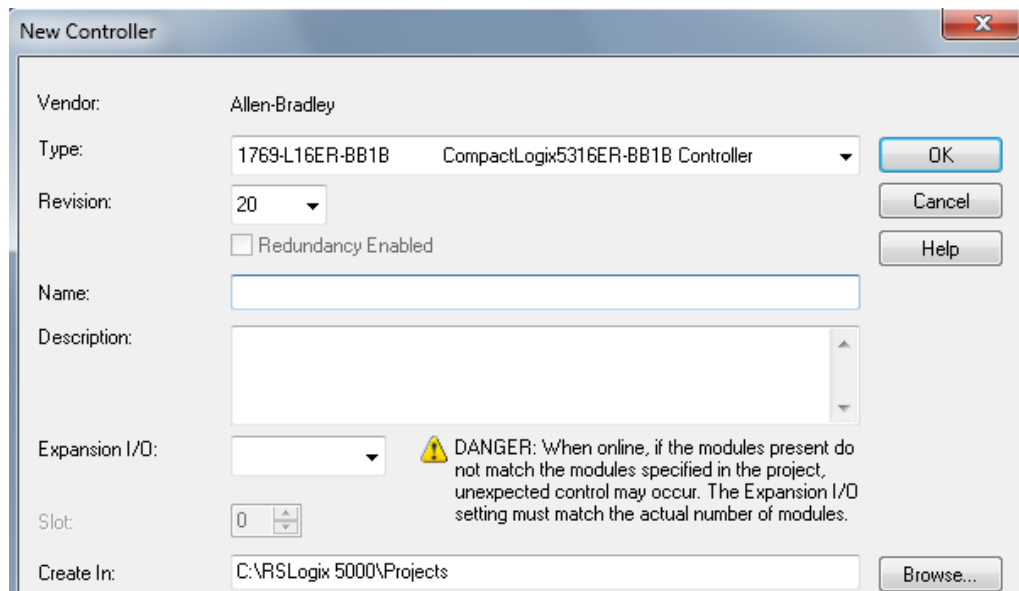


Figura 3. Configuració de projecte i hardware del RS Logix 5000

Un cop obert el projecte s'ha de configurar el Path, és a dir, la direcció IP del PLC a el qual s'enviarà posteriorment el projecte. Per fer-ho clicar a '*Who Active*'. Immediatament apareixerà una finestra amb els dispositius configurats amb el driver del RS Linx anteriorment. Seleccionar la IP del PLC de destí i clicar a '*Set Project Path*', tal i com es veu a la Figura 4. Configuració del path del programa RS Logix 5000. Finalment, quan es vulgui transferir el codi al PLC s'haurà de clicar a '*Download*'.

Annex 1: Configuració del software i les comunicacions

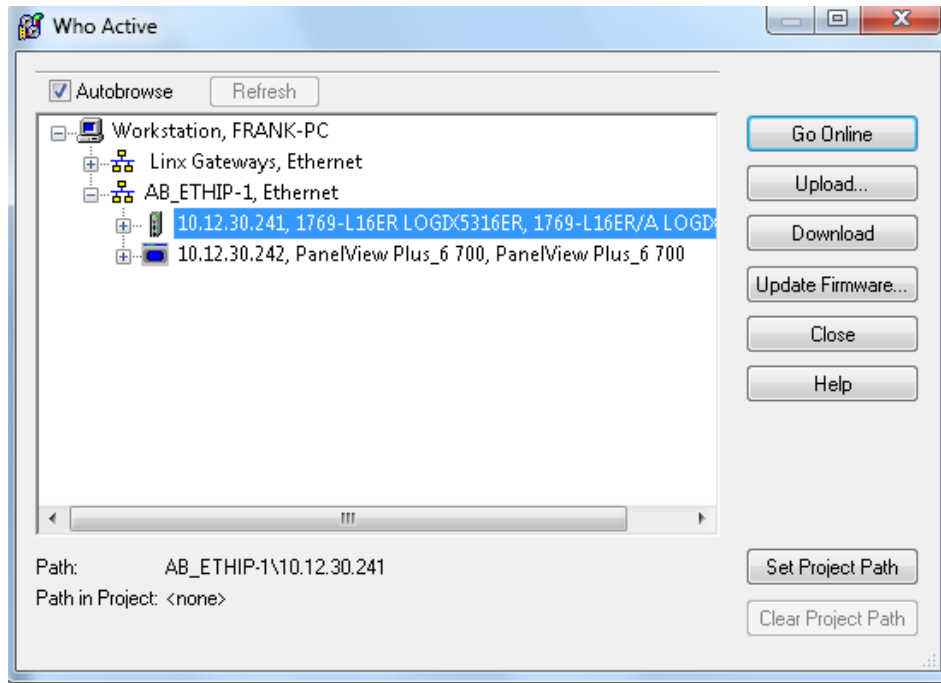


Figura 4. Configuració del path del programa RS Logix 5000

A més, si es vol treballar amb les variables internes dels dispositius que es troben en la xarxa com podria ser la HMI i el lector RFID, s'haurà de buscar la opció Ethernet que hi ha a la llista desplegable i fent clic al botó dret del ratolí seleccionar *New Module* tal i com es veu a la Figura 5. Creació d'un nou mòdul extern

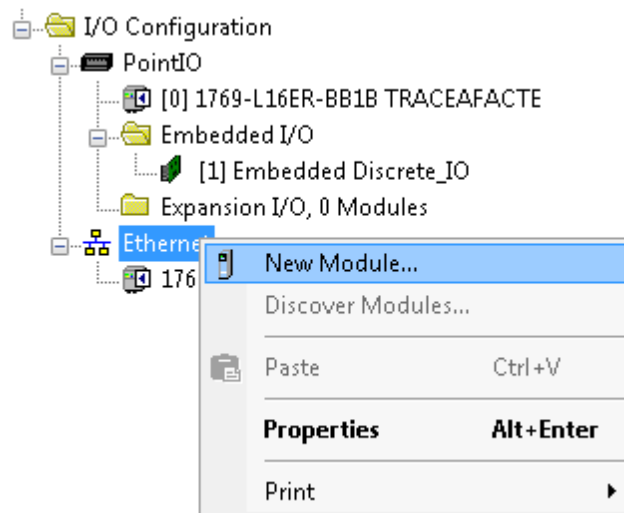


Figura 5. Creació d'un nou mòdul extern

Del llistat de dispositius que apareixerà s'ha de seleccionar el que correspongui al lector RFID ja que es treballarà amb les funcions internes que té aquest per poder detectar i, a posteriori llegir o escriure a les tags RFID. No es contempla posar un nou mòdul de la pantalla HMI ja que les funcions internes d'aquesta són paràmetres com la resolució, el identificador, etc.

Annex 1: Configuració del software i les comunicacions

Quan s'insereix el mòdul del lector RFID s'ha de tenir present que se li ha d'indicar la direcció IP que té aquest i el número de revisió (veure Figura 6. Paràmetres de configuració del mòdul del lector RFID), que per defecte està apuntat al mateix dispositiu. A més, se li ha d'assignar un nom al mòdul, que el programa l'agafarà per referir-se a les variables internes del mateix lector.

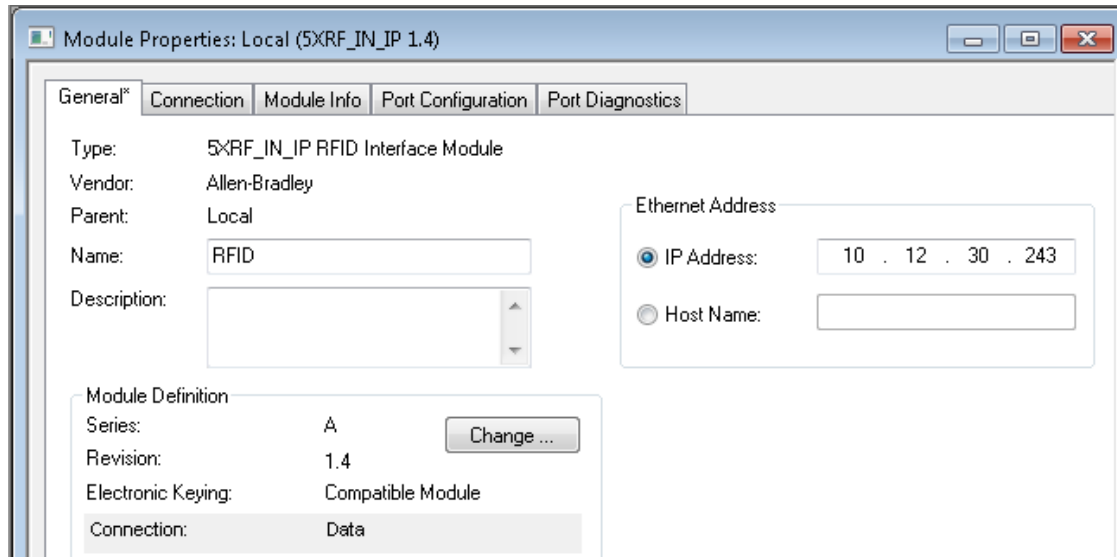


Figura 6. Paràmetres de configuració del mòdul del lector RFID

1.3 Configuració comunicacions Factory Talk View Studio

A l'iniciar el programa s'ha de crear una nova aplicació de la forma que mostra la Figura 7. Creació d'un nou projecte al Factory Talk View Studio

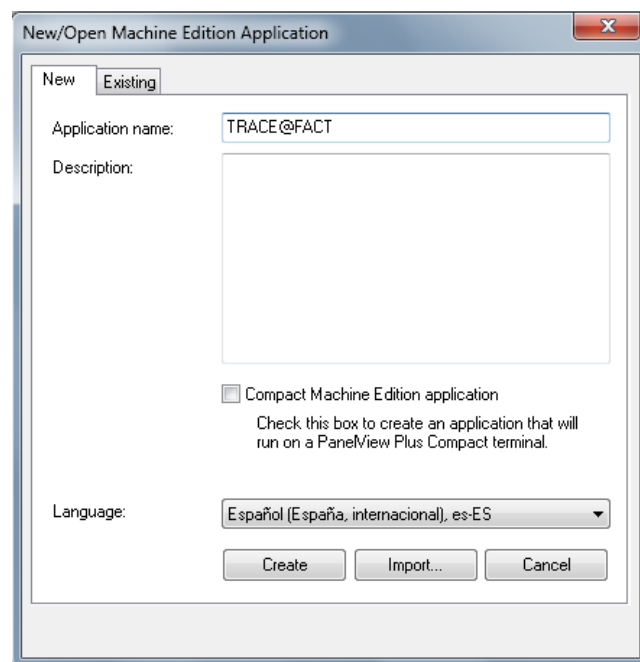


Figura 7. Creació d'un nou projecte al Factory Talk View Studio

Annex 1: Configuració del software i les comunicacions

A continuació, s'ha de buscar en la llista desplegable (veure Figura 8. Llista desplegable de configuració del Factory Talk View Studio) la opció que posa *Communication Setup*.

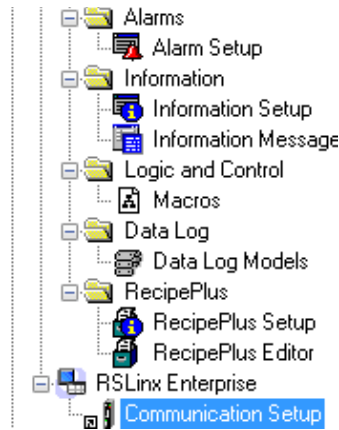


Figura 8. Llista desplegable de configuració del Factory Talk View Studio

Per defecte, se t'obre la finestra que es mostra a la Figura 9. Selecció del tipus de configuració de les comunicacions per a la HMI en la que s'ha d'indicar crear una nova configuració. Les altres dues opcions es podrien aplicar si es tingues un projecte fet o bé si ja es tingues la configuració establerta a la pantalla HMI a la que es vol enviar el document.

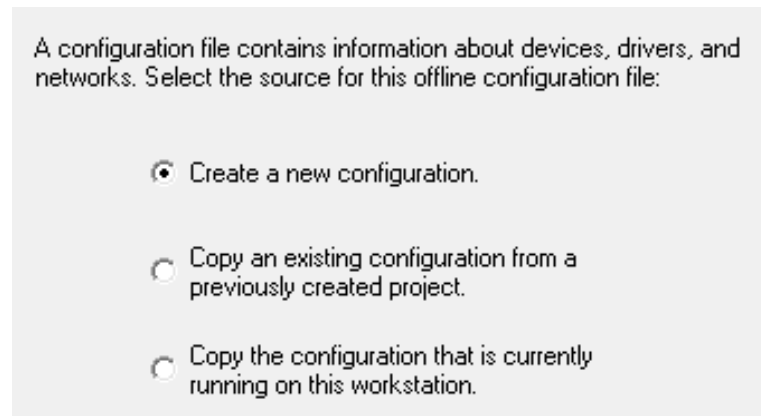


Figura 9. Selecció del tipus de configuració de les comunicacions per a la HMI

En aquest punt es configuraran els shortcut (dreceres o camins) que té la pantalla per arribar a comunicar-se amb el PLC. Primer s'ha de afegir un nou shortcut clicant a 'Add'. Seguidament s'ha de clicar a direcció IP del PLC amb el que es vulgui comunicar. I després, s'ha d'indicar quin arxiu de RS Logix 5000 és el que conté el nostre codi. Un cop fet això s'hauria de tenir la configuració tal i com es mostra a la Figura 10. Configuració de les comunicacions de la HMI.

Annex 1: Configuració del software i les comunicacions

Finalment, s'ha de aplicar els canvis clicant a 'Apply' i clicar a 'Copy from Design to Runtime' per fer el traspàs al programa.

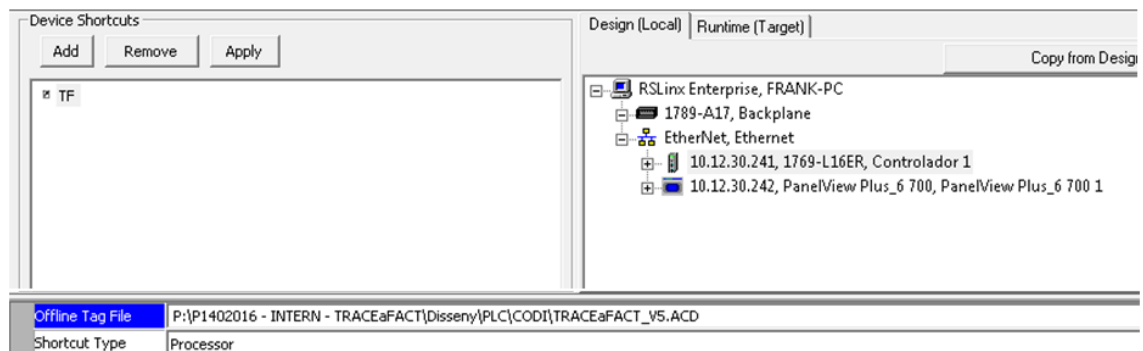


Figura 10. Configuració de les comunicacions de la HMI

Un cop s'ha establert la comunicació, es comprova que està bé clicant a 'Verify'. Si tot es correcte hauria d'aparèixer la Figura 11. Verificació de la configuració de la comunicació de la HMI. Per tancar la configuració, clicar 'Ok'.

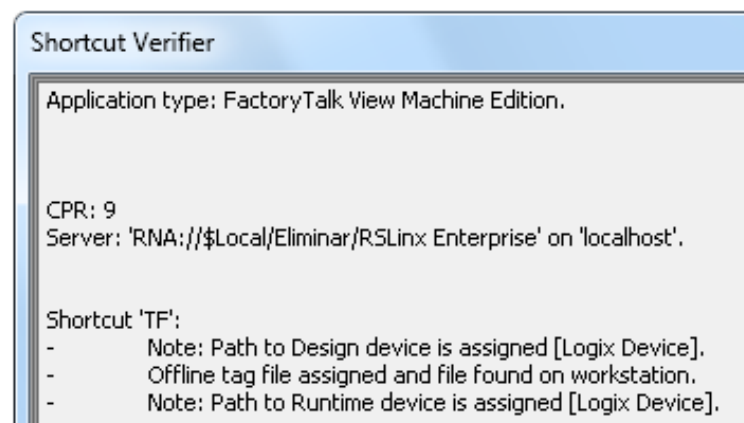


Figura 11. Verificació de la configuració de la comunicació de la HMI

Un cop s'hagi dissenyat i programat les pantalles per a que facin la funcionalitat desitjada s'haurà de compilar. Per fer-ho, s'ha de clicar a 'Create Runtime Application' tal i com mostra la Figura 12. Finestra de creació de l'aplicació que correrà a la HMI. El mateix programa per defecte et mostra una finestra per indicar-te on es vol guardar.

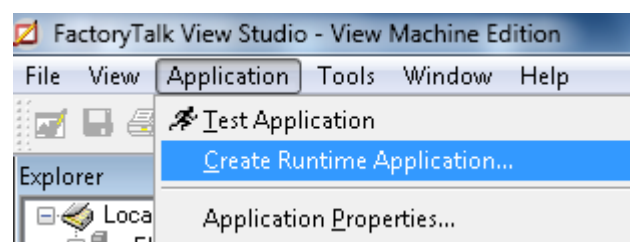


Figura 12. Finestra de creació de l'aplicació que correrà a la HMI

Annex 1: Configuració del software i les comunicacions

Finalment, per enviar-ho a la HMI, s'ha de clicar a 'Transfer Utility'. Dins dels paràmetres que es mostren a la Figura 13. Configuració de la transferència de l'aplicació a la HMI, seleccionar l'arxiu que s'havia guardat prèviament, indicar-li la IP de la pantalla i clicar a 'Download'.

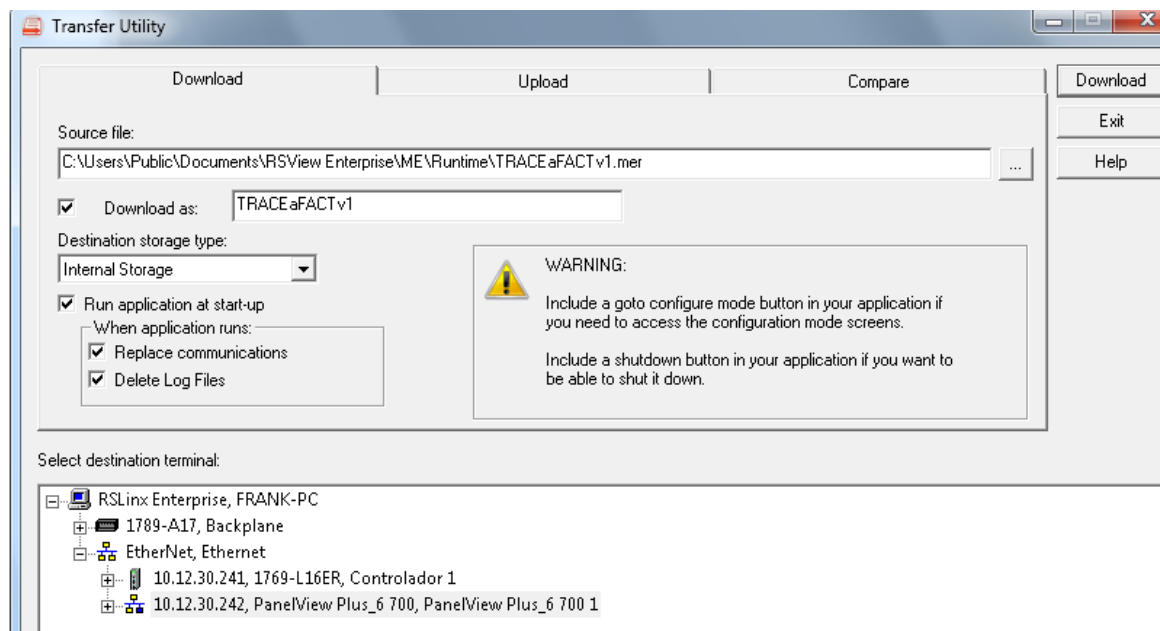


Figura 13. Configuració de la transferència de l'aplicació a la HMI

1.4 Configuració del Ignition! com a OPC Server

Com es pot veure a la Figura 14. Selecció de configuració d'OPC Server, hi ha dues maneres de configurar l'OPC server des de l'Ignition!. La primera: OPC Connections > Servers permet identificar un software OPC server extern. La segona: OPC-UA> Devices en la que l'Ignition treballa com a OPC Server. Així doncs, tal i com s'ha comentat anteriorment, seleccionem aquesta segona opció i indiquem 'create new device'.

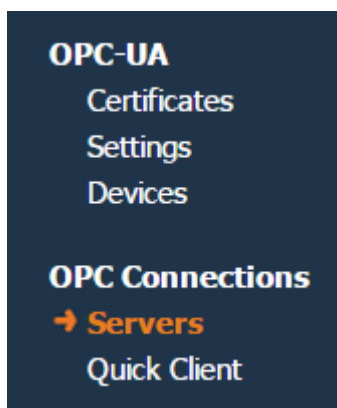
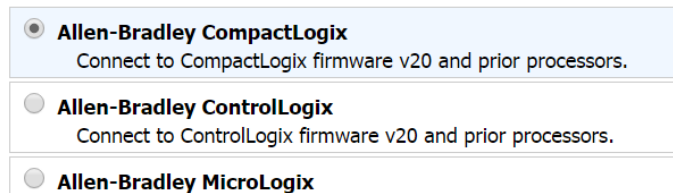


Figura 14. Selecció de configuració d'OPC Server

Annex 1: Configuració del software i les comunicacions

El programa mostrarà els tipus de dispositius amb els que es pot connectar tal i com es veu a la Figura 15. Selecció de la tipologia de dispositius per a la configuració del OPC Server. Es selecciona la opció de Allen-Bradley CompactLogix.

Add Device Step 1: Choose Type



<input checked="" type="radio"/> Allen-Bradley CompactLogix Connect to CompactLogix firmware v20 and prior processors.
<input type="radio"/> Allen-Bradley ControlLogix Connect to ControlLogix firmware v20 and prior processors.
<input type="radio"/> Allen-Bradley MicroLogix

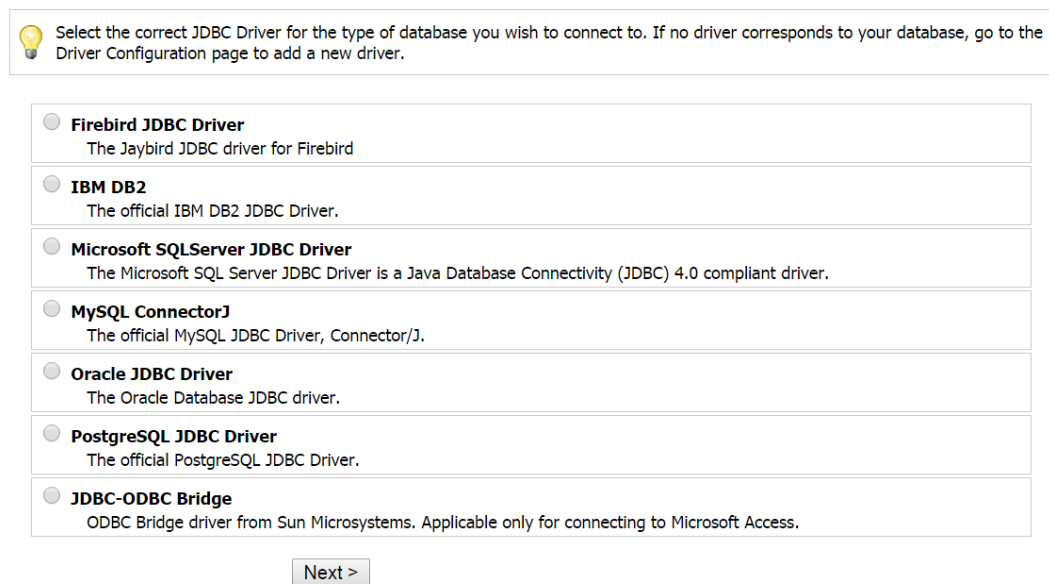
Figura 15. Selecció de la tipologia de dispositius per a la configuració del OPC Server

I finalment se li ha d'assignar un nom a la connexió i indicar la direcció IP a la que ha de buscar les dades de camp (veure . En aquest cas, la direcció del PLC: 10.12.30.241/16.

1.5 Configuració de la comunicació entre Ignition! i la base de dades

El primer pas és indicar el driver que s'usarà per comunicar l'Ignition! amb la base de dades. Com es treballa amb una base de dades que s'ha creat al MySQL es selecciona “MySQL ConnectorJ” tal i com es pot veure a la Figura 16. Selecció del driver de comunicació amb la base de dades.

Add Connection Step 1: Choose Driver



Select the correct JDBC Driver for the type of database you wish to connect to. If no driver corresponds to your database, go to the Driver Configuration page to add a new driver.

<input type="radio"/> Firebird JDBC Driver The Jaybird JDBC driver for Firebird
<input type="radio"/> IBM DB2 The official IBM DB2 JDBC Driver.
<input type="radio"/> Microsoft SQLServer JDBC Driver The Microsoft SQL Server JDBC Driver is a Java Database Connectivity (JDBC) 4.0 compliant driver.
<input checked="" type="radio"/> MySQL ConnectorJ The official MySQL JDBC Driver, Connector/J.
<input type="radio"/> Oracle JDBC Driver The Oracle Database JDBC driver.
<input type="radio"/> PostgreSQL JDBC Driver The official PostgreSQL JDBC Driver.
<input type="radio"/> JDBC-ODBC Bridge ODBC Bridge driver from Sun Microsystems. Applicable only for connecting to Microsoft Access.

Next >

Figura 16. Selecció del driver de comunicació amb la base de dades

Annex 1: Configuració del software i les comunicacions

Seguidament, s'ha d'indicar el nom de la connexió i la localització de la base de dades tal i com es pot veure a la Figura 17. Assignació de propietats per a la comunicació entre base de dades i Ignition!. Per a que l'Ignition! pugui identificar on i quina és la base de dades s'ha de definir el camí d'on està allotjada aquesta: *localhost* si la base de dades és al mateix servidor, el port de comunicació que per defecte d'instal·lació del MySQL és el 3306 i, el nom de la base de dades registrada al MySQL amb la que es vol treballar.

New Database Connection

Main Properties	
Name	<input type="text" value="DBConnection"/> Choose a name for this database connection.
Description	<input type="text"/>
JDBC Driver	<input type="text" value="MySQL ConnectorJ"/> The JDBC driver dictates the type of database that this connection can connect to. It cannot be changed once created.
Connect URL	<input type="text" value="jdbc:mysql://localhost:3306/TraceAFact"/> The Connect URL is JDBC-driver specific. It usually contains the address of the machine that the database is running on. The format of the MySQL connect URL is: <code>jdbc:mysql://host:port/database</code> With the three parameters (in bold) host : The host name or IP address of the database server. port : The port that the database server is running on. MySQL default port is 3306 . database : The name of the logical database that you are connecting to on the MySQL server.

Figura 17. Assignació de propietats per a la comunicació entre base de dades i Ignition!

2 Usabilitat pantalla HMI

Objectiu d'aquest apartat de l'annex és mostrar les pantalles que hauran d'usar els operaris. Per fer-ho, es fa servir d'exemple el cas d'haver de registrar al sistema la primera etapa de totes, és a dir, la creació del màster.

En un inici l'operari 'ssssssssssssss' assenyala el seu usuari amb els botons que es mostren a la Figura 18. Pantalla inicial. Selecció d'usuaris. Els usuaris han d'estar enregistrats al sistema per poder apareixer. Els botons que apareixen en blanc representen els usuaris disponibles que poden operar al sistema, i per tant, si es pitjen aquests botons en blanc, el sistema no deixarà avançar.



Figura 18. Pantalla inicial. Selecció d'usuaris.

Un cop seleccionat l'usuari, s'ha de seleccionar el botó MENU tal i com es mostra a la Figura 19. Pantalla de selecció de MENU. Al clicar, es mostra la pantalla que es mostra a la Figura 20. Pantalla de selecció de fase, en la que els operaris hauran de triar, per al cas d'exemple, el botó MASTER.

Annex 2: Usabilitat pantalla HMI



Figura 19. Pantalla de selecció de MENU



Figura 20. Pantalla de selecció de fase

A continuació, es mostrarà la pantalla que es veu a la Figura 21. Pantalla de selecció de comanda, en la que es podrà seleccionar la comanda. En el moment en que es faci, apareixerà el nom de la comanda seleccionada a la vinyeta de comanda situada a la part de dalt de la mateixa figura. Posteriorment, apareixerà un botó per continuar.



Figura 21. Pantalla de selecció de comanda

Al clicar al botó de continuar, apareixerà una pantalla molt similar a l'anterior, però aquest cas és la de selecció de referència, tal i com es mostra a la Figura 22. Pantalla de selecció de referència. Un cop seleccionada, apareixerà a la part superior dreta el nom de la comanda i la referència seleccionades. A més, apareixerà el botó de MOSTRAR PRODUCCIÓ REFERÈNCIA i el botó de FORWARD.

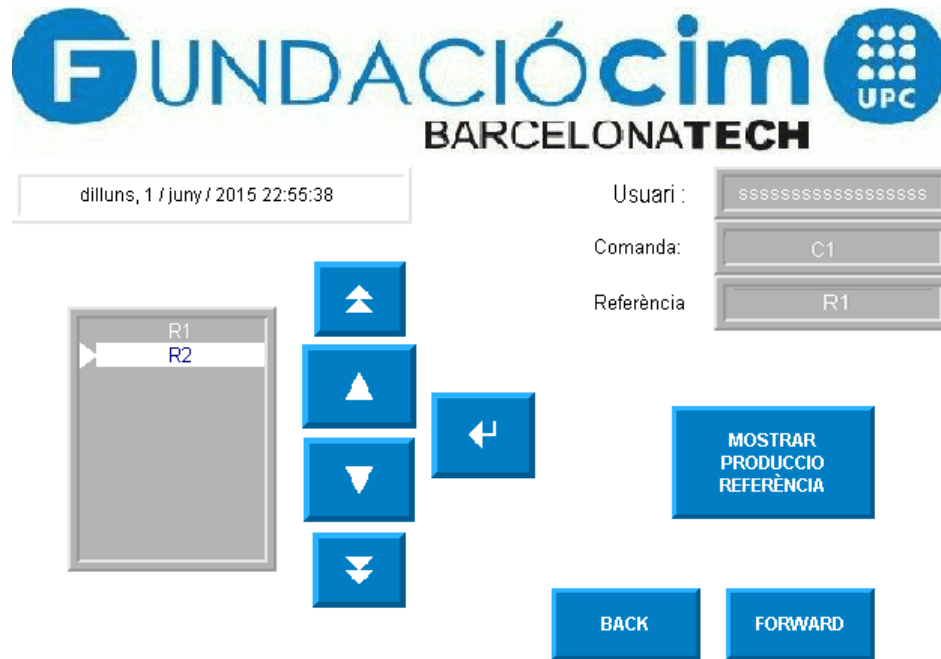


Figura 22. Pantalla de selecció de referència

El primer permet mostrar el nombre de peces que s'estan creant per a la referència, comanda i fase seleccionada tal i com s'observa a la Figura 23. Pantalla de visualització de l'estat de la producció. El segon permet seguir amb el procés d'enregistrar endavant.

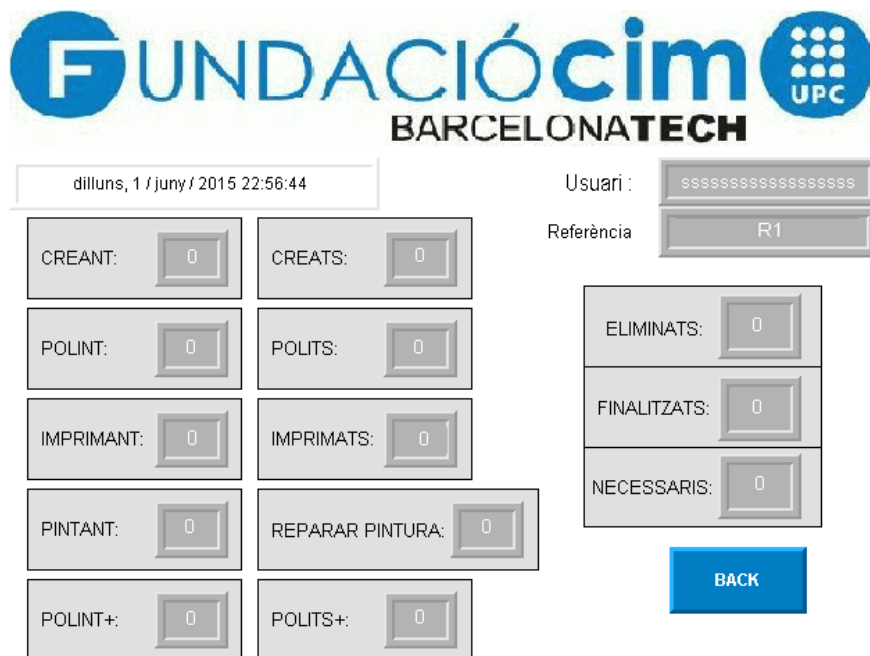


Figura 23. Pantalla de visualització de l'estat de la producció

Al clicar a FORWARD apareix la pantalla que es mostra a la Figura 24. Pantalla de selecció de la necessitat d'observacions, que permet seleccionar a l'operari si vol posar alguna observació. En cas afirmatiu, es mostra la pantalla que es

mostra a la Figura 25. Pantalla de selecció d'observacions. En aquesta mateixa pantalla, un cop hagi seleccionat la observació apareix un botó per seguir endavant en el procés d'inserció de la informació.



Figura 24. Pantalla de selecció de la necessitat d'observacions



Figura 25. Pantalla de selecció d'observacions

La Figura 26. Pantalla de selecció d'etapa apareix just després. En aquesta s'haurà de seleccionar la etapa. També, si es per a iniciar-la o per a acabar-la. Seguint l'exemple, l'operari haurà de clicar a CREAR MASTERS.



Figura 26. Pantalla de selecció d'etapa

Finalment, es mostrarà la Figura 27. Pantalla d'inserció d'informació i confirmació en la que l'operari haurà d'indicar amb els botons el nombre de màsters que vol crear i finalment haurà de clicar al botó CONFIRMAR per enregistrar la informació. La confirmació de que la informació s'ha guardat adequadament serà amb la supressió del valor de la pestanya usuari situada a la part superior dreta, que es quedarà en blanc.



Figura 27. Pantalla d'inserció d'informació i confirmació

3 Pantalles de visualització dels directius

L'objectiu d'aquest annex es donar a conèixer les pantalles amb les que treballaran els directius de la línia de producció, així com fer entendre el seu funcionament.

S'ha classificat les pantalles en dos tipus: les de gestió de la producció i les de producció RT (Real Time).

3.1 Pantalles de gestió de la producció

Les pantalles de visualització de gestió de la producció són les que permeten als directius entrar dades al sistema, és a dir, emmagatzemar a la base de dades aquelles dades que posteriorment serviran als operaris per poder produir. I a més, també podran gestionar els usuaris, el material i introduir aquelles observacions que poden apuntalar els operaris.

A l'hora de fer les pantalles s'ha seguit un mateix patró. En primer lloc, uns camps en els que s'omple la informació que un cop clicat el botó s'enregistrarà a la base de dades. I en segon lloc, una taula que mostra la informació directa de la taula de la base de dades. D'aquesta manera, quan es registri informació es podrà comprovar que s'ha realitzat la operació de forma adequada.

The interface features a top navigation bar with tabs: 'GESTIÓ PRODUCCIÓ', 'PRODUCCIÓ RT', 'COMANDES', 'REFERENCIES', 'OPERARIS' (selected), 'MATERIAL', and 'OBSERVACIONS'. Below the tabs, there are four input fields for user registration: 'Identificador:' (Pau), '1er Cognom:' (Catala), 'Nom:' (Pau), and '2on Cognom:' (Calderon). A blue circular refresh icon is located to the right of these fields. Below the input fields is a table with the following data:

IDUsers	Nom	Cognom1	Cognom2	DataIniciTreball
Pau	Pau	Catala	Calderon	de gen. 20, 2015 12:58 PM

At the bottom of the interface, there are two buttons: 'ESBORRAR OPERARI' and 'REGISTRAR OPERARI'.

Figura 28. Pantalla gestió de la producció. Pestanya Operaris

Annex 3: Pantalles de visualització dels directius

Les pantalles en qüestió es mostren a les figures: Figura 28. Pantalla gestió de la producció. Pestanya Operaris, Figura 29. Pantalla gestió de la producció. Pestanya Material, Figura 30. Pantalla gestió de la producció. Pestanya Observacions, Figura 31. Pantalla gestió de la producció. Pestanya Referències i Figura 32. Pantalla gestió de la producció. Pestanya Comandes.

Mate...	Color	Resin...	Densi...	Preu...	Preu...	Polyol	Isocy...	Additiu	Temp...
AGFS	Blau	100	3	10	4	85	10	5	10
AMB333	Blau	100	3	10	4	85	10	5	10
PX1054	Blau	100	3	10	4	85	10	5	10
TTTT1	Blau	100	3	10	4	85	10	5	10

Figura 29. Pantalla gestió de la producció. Pestanya Material

Destacar que si es vol esborrar un registre de qualsevol d'aquestes pantalles s'ha implementat codi per tal que sigui fàcil de fer. Amb un clic a sobre de la fila de la taula que es vulgui esborrar i clicar el botó esborrar ja no quedarà registre.

Cal tenir present que per esborrar informació d'una base de dades cal saber que s'està esborrant, si el sistema està utilitzant aquella funcionalitat automàticament et mostrarà un missatge que no es pot esborrar degut a que està en ús.

Si es volgués esborrar la informació completa d'aquell registre llavors s'hauria de seguir d'esborrar primer el registre de referència i després el de comanda.

Si es volgués eliminar un material, primer s'haurien d'esborrar totes les referències que usen aquell material per després esborrar la referència i la comanda.

Annex 3: Pantalles de visualització dels directius

Els operaris es poden esborrar en qualsevol moment. El mateix succeeix amb les observacions.

Comentari	FaseComentari
Polít Incorrecte	40

Figura 30. Pantalla gestió de la producció. Pestanya Observacions

Annex 3: Pantalles de visualització dels directius

GESTIÓ PRODUCCIÓ **PRODUCCIÓ 'RT'**

COMANDES **REFERENCIES** **OPERARIS** **MATERIAL** **OBSERVACIONS**

Referència: Comanda: Material:

Peces a Produir: Motlles a Crear: Pes:

Masters Necessaris: Masters Externs: ☒ P...

☒ Impri... Quantitat Silicona Motlle: ☒ Pin... ☒ Postcur...

Refere...	Polir	Impri...	Pint...	Post...	Motlle...	Maste...	Postc...	Pintar...	Come...	DataE...	DataFi...
R1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	5	Coment...		100MLGG de gen. ...		
R2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	5	Coment...		100MLGG de gen. ...		
R3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	5	Coment...		100MLGG de gen. ...		
R4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	5	Coment...		100MLGG de gen. ...		

Referencia	COMANDES_Coma...	Pes	MATERIAL_Material	PecesProduir
R1	C1		20/PX1054	1
R2	C1		20/AMB333	1
R3	C1		20/AGFS	1
R4	C1		20/TTTT1	1

Figura 31. Pantalla gestió de la producció. Pestanya Referències

GESTIÓ PRODUCCIÓ **PRODUCCIÓ 'RT'**

COMANDES **REFERENCIES** **OPERARIS** **MATERIAL** **OBSERVACIONS**

Comanda: Projecte: Responsable: Gestor: Aprovació: Data Adquisició: Prioritat: Data Objectiu: Client:

Comanda	Aprovacio	DataAdqui...	Data_Objectiu	Client	DataRegis...
C1	s	de des. 2, 2...	2014-12-02	w	de gen. 20, ...

Comanda	Projecte	Responsable	Gestor	Prioritat	DataFinalitz...
C1	r	d	d0	a	

Figura 32. Pantalla gestió de la producció. Pestanya Comandes

3.2 Pantalles de producció RT (Real Time)

Les pantalles de producció RT són aquelles que permeten als directius saber en quin estat està la producció, saber la informació de cada una de les operacions aplicades i saber aquelles dades d'interès com poden ser els KPIs.

Per saber l'estat de la producció, els directius han de seleccionar la pestanya "ESTAT DE LA PRODUCCIÓ". Posteriorment seleccionar la comanda, la referència i la fase del procés de la que volen veure les unitats produïdes, en producció o les necessàries per produir per acabar amb la referència. Com s'observa a la Figura 33. Pantalla producció RT. Pestanya Estat de la producció, et permet veure quantes unitats estan en cada etapa de la producció, així com les eliminades i el Lead time d'aquestes.

SETMANES	DIES	HORES	MIN
0	0	0	0

Figura 33. Pantalla producció RT. Pestanya Estat de la producció

A la Figura 34. Pantalla producció RT. Pestanya operacions, es van mostrant totes les operacions que es van realitzant de forma immediata per a cada una de les etapes.

Annex 3: Pantalles de visualització dels directius

TRACE_V2 - Main Window

GESTIÓ PRODUCCIÓ PRODUCCIÓ 'RT'

OPERACIONS ESTAT DE LA PRODUCCIÓ DADES INTERÈS

FASE: 30

Operari	Observació	MOTILLES_M...	Referència	Data Realitza...	Acció	Peces Corr...	Peces Defectu...
Pau		1		de gen. 20, 20...	Creació Caixa...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Creació Caixa...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Finalitzar Caix...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Iniciar Colada...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Finalitzar Col...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Iniciar Obetur...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Finalitzar Obe...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Iniciar Motlle ...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Finalitzar Motl...		
Pau		3		de gen. 20, 20...	Creació Caixa...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Tractament d...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Inici Colada P...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Motlle Forn C...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Motlle Forn Fi...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Avaluació: Co...	1	0
Pau		2		de gen. 20, 20...	Tractament d...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Inici Colada P...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Motlle Forn C...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Motlle Forn Fi...		
Pau		2		de gen. 20, 20...	Avaluació: Co...	1	0
Pau		3		de gen. 20, 20...	Finalitzar Caix...		
Pau		3		de gen. 20, 20...	Iniciar Colada...		
Pau		3		de gen. 20, 20...	Finalitzar Col...		
Pau		3		de gen. 20, 20...	Iniciar Obetur...		
Pau		3		de gen. 20, 20...	Finalitzar Obe...		

Figura 34. Pantalla producció RT. Pestanya operacions

A la Figura 35. Pantalla producció RT. Pestanya Dades interès es mostra la relació que hi ha entre un material i els usos que ha tingut en els diversos motlles. Aquest paràmetre mostra la vida útil dels materials, cosa que permet als directius prendre decisions més encertades.

TRACE_V2 - Main Window

GESTIÓ PRODUCCIÓ PRODUCCIÓ 'RT'

OPERACIONS ESTAT DE LA PRODUCCIÓ DADES INTERÈS

Material	Us
AGFS	1.0
AMB333	3.0
PX1054	4.3333
TTTT1	1.0

ACTUALITZAR

Figura 35. Pantalla producció RT. Pestanya Dades interès